

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Danijel Gorički

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Neven Pavković

Student:

Danijel Gorički

Zagreb, 2016.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru prof.dr.sc. Nevenu Pavkoviću, dipl.ing.stroj. na stručnim savjetima i pomoći tijekom izrade ovog rada. Također se zahvaljujem svima koji su na bilo koji način pomogli sa svojim savjetima tijekom izrade ovog rada.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarški i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje
Datum 19-09-2018 Prilog
Klasa: 602-04/16-613
Ur.broj: 15-1103-16-320

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Danijel Gorički**

Mat. br.: 0035192420

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **ELEVATOR ZA TRANSPORT KUKURUZA**

Naslov rada na engleskom jeziku: **ELEVATOR FOR CORN TRANSPORTATION**

Opis zadatka:

Koncipirati i konstruirati elevator za transport kukuruza. Pogon na standardnu mrežu 220V, visina dizanja 4,5 m. Metodičkom razradom obuhvatiti različita projektna rješenja uređaja uz upotrebu standardnih sklopova i dijelova. Tehnoekonomskom analizom odabrati projektno rješenje. Odabrano projektno rješenje stroja razraditi s potrebnim proračunima nestandardnih dijelova. Izraditi 3D model proizvoda. Pri konstrukcijskoj razradi paziti na tehnologično oblikovanje dijelova. Analizirati kritična mjesta. Opseg konstrukcijske razrade, modeliranja i izrade tehničke dokumentacije dogovoriti tijekom izrade rada.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
25. studenog 2015.

Rok predaje rada:
1. rok: 25. veljače 2016
2. rok (izvanredni): 20. lipnja 2016.
3. rok: 17. rujna 2016.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 29.2., 02. i 03.03. 2016.
2. rok (izvanredni): 30. 06. 2016.
3. rok: 19., 20. i 21. 09. 2016.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Neven Pavković

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Analiza tržišta	2
2.1 Analiza postojećih uređaja na tržištu.....	2
2.1.1 Tvrtka Pomak, TL - 01	2
2.1.2 Bravarija Kralj – Kocijan	3
2.1.3 Agroservis	4
2.1.4 Pulian.....	5
2.1.5 Oprema PIGO - R.....	6
2.2 Usporedba konkurentnih proizvoda.....	7
2.3 Zaključak	8
3. MODELIRANJE FUNKCIJSKOG TOKA	9
4. MORFOLOŠKA MATRICA.....	10
5. KONCEPTI.....	14
5.1 Koncept 1.....	14
5.2 Koncept 2.....	16
5.3 Vrednovanje koncepata	19
6. Proračun i detaljna razrada.....	20
6.1 Odabir elektromotora.....	20
6.2 Prijenos snage	21
6.3 Proračun remena	23
6.4 Proračun vratila.....	26
6.4.1 Vratilo 1.....	26
6.4.2 Vratilo 2.....	27
6.5 Proračun zupčanika.....	28
6.6 Proračun nosive konstrukcije.....	30

6.6.1	Izvijanje štapova 1 i 2.....	33
6.7	Proračun kritičnog zavora.....	34
6.8	Proračun sile za namatanje užeta.....	36
6.9	Izbor plosnatnog remena transportne trake	37
7.	Model	38
8.	Zaključak.....	39
9.	Literatura.....	40
	PRILOZI.....	41

POPIS SLIKA

Slika 1. Kukuruz u klipu	1
Slika 2. Elevator tvrtke Pomak.....	2
Slika 3. Elevator tvrtke Kralj – Kocijan	3
Slika 4. Elevator tvrtke Agroservis	4
Slika 5. Elevator tvrtke Pulian.....	5
Slika 6. Elevator tvrtke Oprema PIGO – R.....	6
Slika 7. Funkcijska dekompozicija.....	9
Slika 8. Nacrt koncepta 1	14
Slika 9. Prijenos snage koncepta 1	14
Slika 10. Konvejer koncepta 1	15
Slika 11. Mehanizam za promjenu visine koncepta 1	15
Slika 12. Nacrt koncepta 2	16
Slika 13. Konvejer koncepta 2	17
Slika 14. Pogon koncepta 2	17
Slika 15. Mehanizam za promjenu visine koncepta 2.....	18
Slika 16. Elektromotor	20
Slika 17. Prijenos snage	21
Slika 18. Oslobađanje veza	31
Slika 19. Sile pri vožnji	34
Slika 20. Kritični zavar.....	35
Slika 21. Sile pri namatanju užeta.....	36
Slika 22. Plosnati remen.....	37
Slika 23. Izometrija modela	38
Slika 24. Nacrt modela	38

POPIS TABLICA

Tablica 1. Specifikacije elevatora tvrtke Pomak	3
Tablica 2. Specifikacije elevatora tvrtke Kralj - Kocijan	4
Tablica 3. Specifikacije elevatora tvrtke Agroservis.....	5
Tablica 4. Specifikacije elevatora tvrtke Pulian	6
Tablica 5. Specifikacije elevatora tvrtke Oprema PIGO - R.....	7
Tablica 6. Tablica usporedbe.....	7
Tablica 7. Morfološka matrica	13
Tablica 8. Vrednovanje koncepata	19

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

BROJ CRTEŽA	Naziv iz sastavnice
DG-2016-SZTK	Stroj za transport kukuruza
DG-2016-03	Sklop konstrukcije
DG-2016-03-01	Konstrukcija 1
DG-2016-03-02	Konstrukcija 2
DG-2016-03-03	Konstrukcija 3
DG-2016-05	Vratilo s užnicom 1
DG-2016-06	Vratilo s užnicom 2
DG-2016-07	Transportna traka
DG-2016-02	Sklop vratila 2
DG-2016-02-02	Distancer trake
DG-2016-02-03	Pogonski bubanj
DG-2016-02-05	Vratilo 2
DG-2016-02-07	Zupčanik 2
DG-2016-09	Sklop za promjenu visine
DG-2016-01-01	Vratilo 3
DG-2016-01-05	Bubanj
DG-2016-01-04	Disk
DG-2016-01-02	Ručica 1
DG-2016-01-03	Ručica 2
DG-2016-01	Vratilo 1

POPIS OZNAKA

<i>Oznaka</i>	<i>Mjerna jedinica</i>	<i>Opis</i>
a	m/s^2	ubrzanje traktora
a_z	mm	debljina zavora
A_z	mm^2	površina zavora
b	mm	širina zupčanika
d	mm	diobeni promjer zupčanika
d_a	mm	tjemeni promjer zupčanika
d_b	mm	temeljni promjer zupčanika
d_f	mm	podnožni promjer zupčanika
d_1	mm	promjer pogonske remenice
d_2	mm	promjer gonjene remenice
d_B	mm	promjer bubnja
E	N/mm^2	Youngov modul elastičnosti
f	s^{-1}	faktor savijanja remena
F_1	N	sila u remenu
F_2	N	sila u remenu
F_A	N	reakcija u osloncu A
F_{AH}	N	reakcija u osloncu A u smjeru horizontalne osi
F_B	N	reakcija u osloncu B
F_C	N	reakcija u osloncu C
F_{in}	N	inercijska sila
F_1	N	uzdužna sila u štapu 1
F_{1kr}	N	kritična sila izvijanja za štap 1
F_2	N	uzdužna sila u štapu 2
F_{2kr}	N	kritična sila izvijanja za štap 2
f_{max}	s^{-1}	maksimalni faktor savijanja remena
F_O	N	obodna sila u remenu
F_P	N	sila pokretanja
F_Q	N	sila na kotačić

F_{RU}	N	ručna sila
F_S	N	sila u sajli
F_{VU}	N	sila vučenja
g	m/s^2	gravitacija
G	N	težina
G_{EM}	N	težina elektromotora
i_R		prijenosni omjer remenica
K_I		pogonski faktor
K_V		faktor udara
$K_{H\alpha}$		faktor raspodjele opterećenja pri proračunu opteretivosti bokova
$K_{H\alpha}$		faktor raspodjele opterećenja po dužini boka zuba
I_x	mm^4	moment tromosti inercije
l_1	mm	duljina cijevi 1
l_2	mm	duljina cijevi 2
l_3	mm	duljina korita
L	mm	duljina remena
L_r	mm	duljina ručice
m	kg	masa transportera
m	mm	modul
m_{EM}	kg	masa elektromotora
M_K	kg	masa korita
M_s	Nmm	moment savijanja
n_B	min^{-1}	broj okretaja bubnja
n_{EM}	min^{-1}	broj okretaja elektromotora
n_{R1}	min^{-1}	broj okretaja pogonske remenice
n_{R2}	min^{-1}	broj okretaja gonjene remenice
P_{EM}	W	nazivna snaga elektromotora
Q	N	težina korita
q	N/mm	kontinuirano opterećenje konvejera
R	mm	radijus bubnja za namatanje
s	mm	debljina remena

S_H		faktor sigurnosti protiv ljuštenja bokova
t_u	s	vrijeme ubrzanja
T_{EM}	Nm	nazivni moment elektromotora
v_T	m/s	brzina trake
v_{rem}	m/s	brzina remena
$v_{traktora}$	m/s	brzina traktora
z		broj zubi zupčanika
Z_H		faktor oblika boka za proračun na dodirni pritisak
$Z_{\mathcal{E}}$		faktor utjecaja stupnja prekrivanja za proračun opterećenja bokova
x	mm	udaljenost između kotača za vožnju i oslonca B
α	°	zahvatni kut
β	°	obuhvatni kut remena
\mathcal{E}_α		stupanj prekrivanja
λ		faktor širine zuba
μ		faktor trenja
σ_v	N/mm ²	naprezanje na vlak
σ_f	N/mm ²	naprezanje uslijed savijanja remena
σ_H	N/mm ²	Hertz – ov pritisak u kinematskom polu
σ_{Hlim}	N/mm ²	dinamička čvrstoća kontaktnog pritiska
σ_{HP}	N/mm ²	praktični dozvoljeni kontaktni pritisak bokova
σ_c	N/mm ²	naprezanje uslijed centrifugalne sile
σ_z	N/mm ²	naprezanje uslijed zakretanja remena
σ_{max}	N/mm ²	maksimalno naprezanje u remenu
ω	rad/s	kutna brzina

SAŽETAK

U ovom završnom radu napravljena je razrada, projektiranje i konstruiranje elevatora za transport kukuruza pogonjenog elektromotorom.

Rad sadrži analizu tržišta i postojećih rješenja, te potrebe kupaca. Napravljena je funkcijska dekompozicija i morfološka matrica, te su pomoću njih predložena dva koncepta stroja.

Nakon toga je provedena analiza zahtjeva gdje smo prema zadanim kriterijima vrednovali koncepte, te odabrali bolji koncept. Za odabran koncept izrađen je 3D model, tehnička specifikacija i potreban proračun.

Ciljano tržište su obiteljska poljoprivredna gospodarstva, te fizičke osobe koje imaju potrebu za strojem za transport kukuruza.

1. Uvod

Kukuruz je, uz pšenicu i rižu, jedna od tri vodeće poljoprivredne kulture u svijetu. Od svih žitarica kukuruz ima najveći potencijal rodности. U svijetu su zabilježeni prinosi suhog zrna od 25 t/ha, a u Hrvatskoj od 18 t/ha. Kukuruz ima potencijal prinosa od 50 – 60 tona suhe tvari po hektaru što ne može dati ni jedna druga ratarska kultura. Svi dijelovi biljke kukuruza mogu se iskoristiti, bilo kao hrana (ljudska i stočna) ili za industrijsku preradu. To kukuruzu daje poseban ekonomski značaj. Od kukuruza se u svijetu proizvodi više od 1000 raznih proizvoda. Ne zbog boje zrna, nego zbog velike gospodarske vrijednosti kukuruz se naziva i „zlatno zrno“.

Za berbu kukuruza treba se dobro pripremiti uvažavajući moguće loše klimatske i zemljišne uvjete. Berba kukuruza u klipovima zadržala se još na individualnim gospodarstvima. Cijeli proces je mehaniziran i izvodi se beračima komušaćima.

Nakon berbe, obrani i okomušani klipovi transportiraju se i transporterima ubacuju u koševe. Često puta je potrebno prije skladištenja klipa kukuruza obaviti dodatno komušanje. Nakon berbe slijedi skladištenje i dodatno sušenje kukuruza. Prilikom skladištenja koriste se razne izvedbe elevatora kao pomoć pri transportu klipova u skladišta. Velika pažnja je posvećena konstruiranju stroja s ciljem da se uravnoteži njegova cijena, funkcionalnost, te kvaliteta.



Slika 1. Kukuruz u klipovima

2. Analiza tržišta

U Republici Hrvatskoj kukuruz se nalazi na prvom mjestu po zastupljenosti na oranicama i proizvodi na oko 370.000 ha godišnje, a prosječan prinos je 4.7 t/ha. Većina proizvodnje se ostvaruje na području između rijeka Drave, Save i Dunava, a poglavito na području istočne Hrvatske (Slavonija, Baranja i zapadni Srijem). Gledajući podatke zadnjih 10 godina primjećuje se da je prosječni prinos u Republici Hrvatskoj u stalnom porastu.

Nakon berbe kukuruza u klipu vlaga kukuruza je oko 30 %, zbog toga se kukuruz elevatorom transportira u skladište na daljnje sušenje. Potreba za transportom kukuruza javlja se iz zahtjeva otkupljivača koji žele kukuruz sa sadržajem vode od otprilike 15 %, koji je spreman za daljnju preradu ili preprodaju.

2.1 Analiza postojećih uređaja na tržištu

Kako je zadano u zadatku, analiza postojećih elevatora ograničena je na elevatore za transport kukuruza. Postoje elevatori za transport bala sijena i drugih sipkih materijala, koji imaju slična konstrukcijska i tehnološka rješenja.

2.1.1 Tvrtka Pomak, TL - 01



Slika 2. Elevator tvrtke Pomak

Specifikacije	
Kapacitet	12,5 t/h
Masa	365 kg
Dimenzije (dužina, širina)	8000 x 450 mm
Snaga	1,1 kW
Max. visina dizanja	4500 mm
Cijena	12500 kn

Tablica 1. Specifikacije elevatora tvrtke Pomak

Elevator TL – 01 je univerzalni transporter namijenjen za transport klipova kukuruza. Beskonačni lanac za koji su pričvršćene metalne lopatice, preko lančanika, pokreće elektromotor. Jednostavan je za rukovanje, smanjuje broj potrebnih radnika, olakšava rad i gotovo je nezamjenjiv prilikom skladištenja većih količina klipa kukuruza.

2.1.2 Bravarija Kralj – Kocijan



Slika 3. Elevator tvrtke Kralj – Kocijan

Specifikacije	
Kapacitet	8,5 t/h
Masa	220 kg
Dimenzije (dužina, širina)	6000 x 350 mm
Snaga	1,5 kW
Max. visina dizanja	4500 mm
Cijena	10500 kn

Tablica 2. Specifikacije elevatora tvrtke Kralj - Kocijan

Elevator sa beskonačnom trakom za koju su pričvršćene metalne lopatice, koje preko plosnatog remena pokreće jednofazni elektromotor. Ima mogućnost lakog i brzog rastavljanja na osnovne sklopove, kako bi se olakšalo skladištenje elevatora.

2.1.3 Agroservis



Slika 4. Elevator tvrtke Agroservis

Specifikacije	
Kapacitet	10 t/h
Masa	310 kg
Dimenzije (dužina, širina)	7000 x 250 mm
Snaga	1,5 kW
Max. visina dizanja	5800 mm
Cijena	10500 kn

Tablica 3. Specifikacije elevatora tvrtke Agroservis

Elevator namijenjen za transport kukuruza u klipu, ali isto tako i za prijenos onih materijala koji po prirodi nisu sipki, ne izazivaju oštećenja nosive konstrukcije i transportnog lanca. Pogon je riješen pomoću jednofaznog elektromotora, a prijenos pomoću dvije klinaste remenice koje pokreću beskonačni lanac sa metalnim lopaticama.

2.1.4 Pulian



Slika 5. Elevator tvrtke Pulian

Specifikacije	
Kapacitet	5 t/h
Masa	500 kg
Dimenzije (dužina, širina)	3500x1200 mm
Snaga	1,5 kW
Max. visina dizanja	3000 mm
Cijena	9000 kn

Tablica 4. Specifikacije elevatora tvrtke Pulian

Elevator namijenjen za transport sipkih materijala. Nedostatak ove izvedbe elevatora je kruta nosiva konstrukcija, tj. nemogućnost podešavanja visine dizanja. Prednost su metalne košarice koje su zamijenile metalne lopatice, na taj način je omogućen i transport sipkih materijala. Pogon je riješen jednofaznim elektromotorom, a prijenos preko para remenica.

2.1.5 Oprema PIGO - R



Slika 6. Elevator tvrtke Oprema PIGO – R

Specifikacije	
Kapacitet	6 t/h
Masa	500 kg
Dimenzije (dužina, širina)	5500 x 780 mm
Snaga	1,1 kW
Max. visina dizanja	3000 mm
Cijena	-

Tablica 5. Specifikacije elevatora tvrtke Oprema PIGO - R

Elevator služi za podizanje punih gajbica na nivo ulazne pokretne trake koja dalje transportira. Osigurava siguran transport, bez rastresanja materijala ili bilo kakvog drugog oštećivanja. Cijela konstrukcija je smještena na noge sa kotačićima tako da je omogućeno jednostavno premještanje samog elevatora.

2.2 Usporedba konkurentnih proizvoda

	Pomak, TL - 01	Kralj - Kocijan	Agroservis	Pulian	Pigo - R
Kapacitet	5	3	3	2	2
Dimenzije	3	4	3	2	4
Max. visina dizanja	5	5	3	2	2
Snaga motora	5	4	5	4	5
Masa	4	5	4	2	2
Cijena	4	4	4	5	4(?)
Σ	26	25	23	17	19
Prosjek	4,33	4,17	3,67	2,8	3,2
Rang	1.	2.	3.	5.	4.

Tablica 6. Tablica usporedbe

Karakteristikama proizvoda dodijelili smo ocjene od 1 do 5, gdje je veća ocjena dodijeljena proizvodu s boljom karakteristikom. Prosječna ocjena predstavlja omjer ukupnog zbroja pojedinih ocjena po razmatranim karakteristikama i broju karakteristika, a prema gore priloženoj tablici. Prema dobivenoj prosječnoj ocjeni dobili smo kriterij za konačno rangiranje razmatranih postojećih proizvoda.

Karakteristike proizvoda koje smo ocjenjivali određeni su prema dostupnim tehničkim specifikacijama. Jedan od kriterija ocjenjivanja je i cijena. Nažalost, kod tvrtke Oprema PIGO – R nije bila dostupna cijena stroja. Stoga je cijena stroja iskustveno i na temelju ostalih postojećih proizvoda procjenjena, što je i vidljivo u tablici.

Obzirom na zadane uvjete konstrukcijskog zadatka da visina dizanja iznosi 4,5 m i da pogon bude priključen na standardnu mrežu 220 V. Bolje su ocjenjeni proizvodi sa mogućnošću ostvarivanja zadane visine dizanja, manjih dimenzija, manje mase i naravno proizvodi sa nižom cijenom. Obzirom da nije zadan potreban kapacitet stroja, bolju ocijenu su dobili strojevi sa većim kapacitetom (t/h). Kako su svi strojevi sa pogonom na jednofazni elektromotor, svi su dobili visoke ocjene jer zadovoljavaju zadan uvjet pogona na standardnu mrežu.

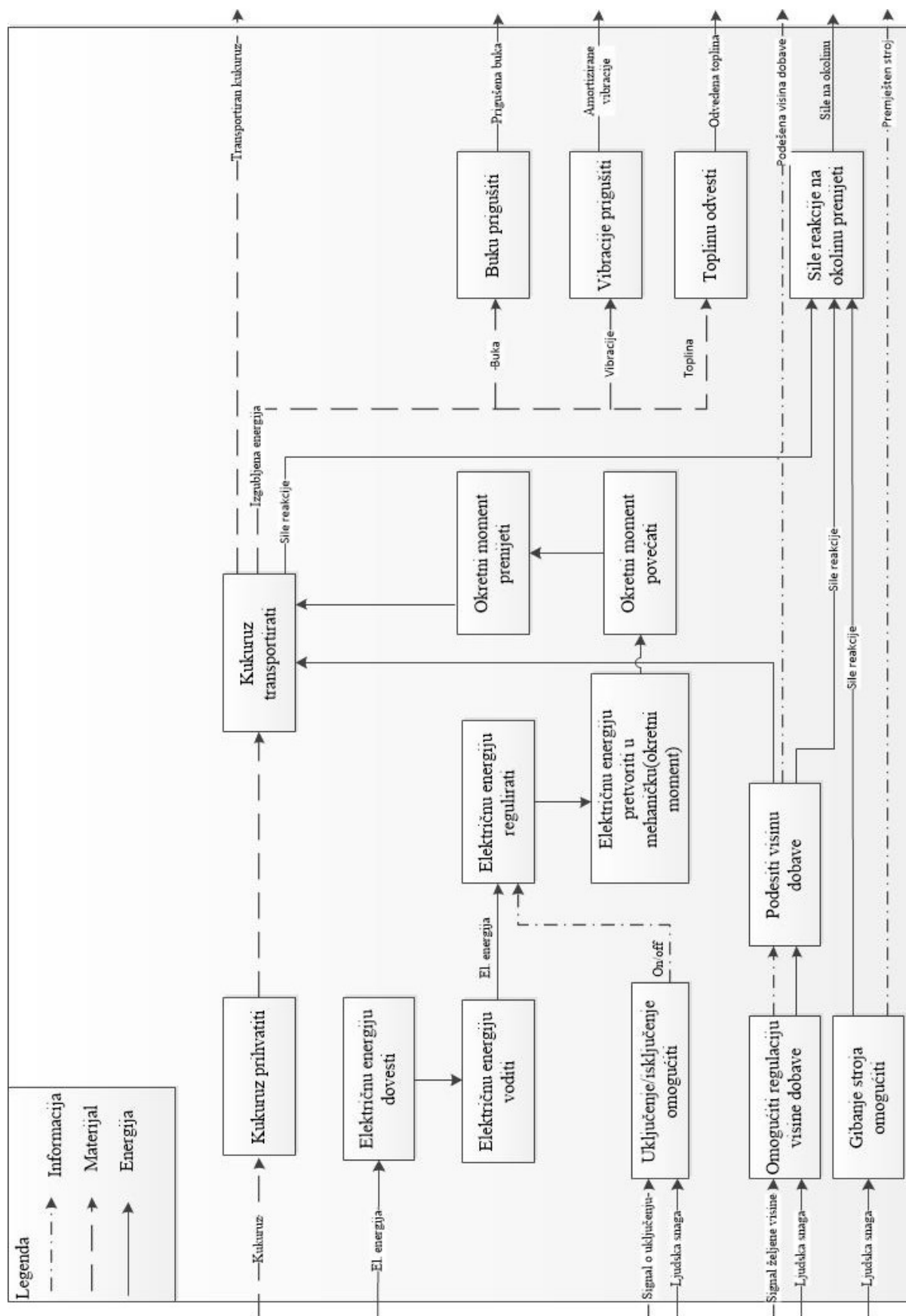
Temeljem ocjenjivanja najboljim proizvodom se pokazao su elevator TL – 01, tvrtke Pomak d.o.o. Odlikuje se kompaktnom izvedbom male mase, najvećim kapacitetom (12,5 t/h), pogon je riješen sa jednofaznim elektromotorom (1,1 kW) i visinom dizanja koja odgovara zadanoj u zadatku. Najveći nedostatak predstavlja cijena, koja je iznosom najveća s obzirom na ostala četiri stroja.

2.3 Zaključak

Dosadašnji dio završnog zadatka poslužio nam je za upoznavanje sa postojećim stanjem tehnike i proizvodima na tržištu. Nakon provedene analize tržišta, vidimo da svaki od postojećih proizvoda ima neka dobra tehnička rješenja, ali i da postoji prostor za unaprijeđenje stroja.

U daljnjem razvoju i konstruiranju treba više pažnje usmjeriti na razvoj mehanizma za mijenjanje visine stroja pri radu i sam transport stroja. Također, potrebno je uvesti čim više standardnih dijelova kako bi cijena stroja bila što niža.

3. MODELIRANJE FUNKCIJSKOG TOKA






Slika 7. Funkcijska dekompozicija

4. MORFOLOŠKA MATRICA

Rb	Funkcija	Radni princip		
1.	Uključenje/ Isključenje omogućiti	Kip prekidač 	Grebenasti prekidač 	
2.	Električnu energiju regulirati	Frekvencijski pretvarač 		
3.	Električnu energiju voditi	Kabel 		

4.	Električnu energiju pretvoriti u mehaničku	Jednofazni elektromotor 		
5.	Okretni moment povećati	Lančani prijenos 	Remenski prijenos 	Reduktor 
6.	Okretni moment prenositi	Vratilo 	Kardansko vratilo 	
7.	Kukuruz prihvatiti	Nosiva konstrukcija elevatora	Lijevak 	

8.	Kukuruz transportirati	<p>Trakasti konvejer</p> 	<p>Lančani konvejer</p> 	<p>Pužni konvejer</p> 
9.	Visinu dobave podesiti	<p>Ručno + sustav užnica i čeličnog užeta</p> 	<p>Hidraulični cilindar</p> 	<p>Teleskop</p> 
10.	Toplinu odvoditi	<p>Orebrenja na kućištu</p> 	<p>Ventilator</p> 	
11.	Vibracije prigušiti	<p>Opruga</p> 	<p>Gumena podloga</p> 	

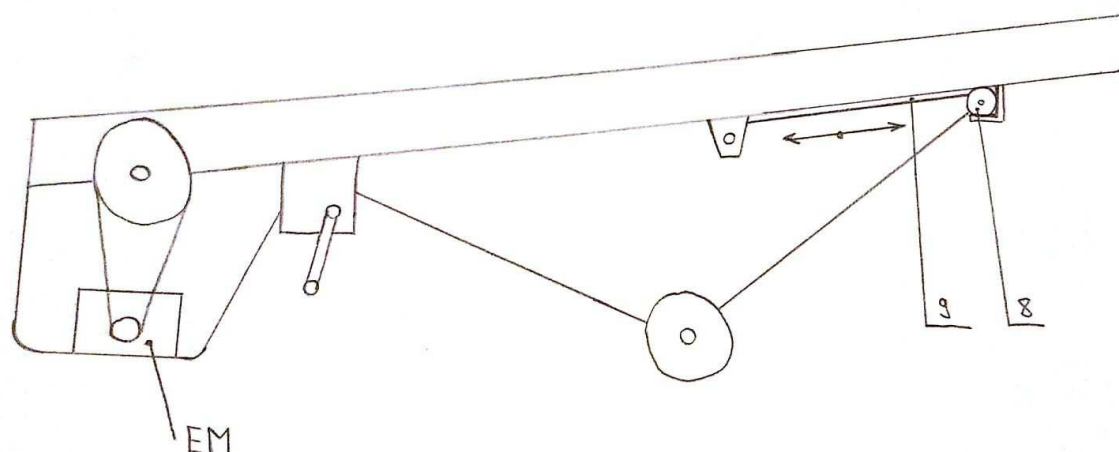
12.	Buku prigušiti	Zvučna izolacija 		
13.	Gibanje stroja omogućiti	Kotač 	Traktor 	

Tablica 7. Morfološka matrica

5. KONCEPTI

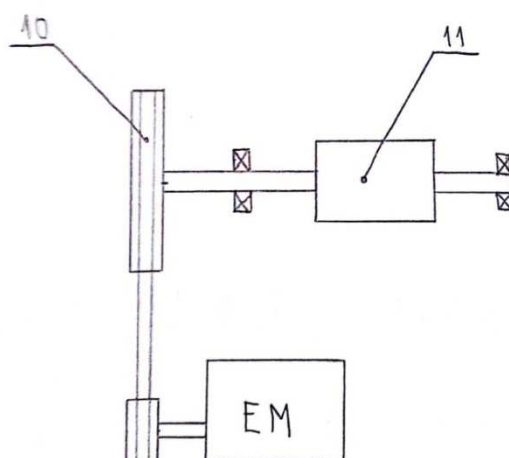
Nakon modeliranja funkcijskog toka i morfološke matrice izgenerirani su koncepti. Koncepti moraju ispuniti osnovne funkcije i biti cjenovno prihvatljivi.

5.1 Koncept 1



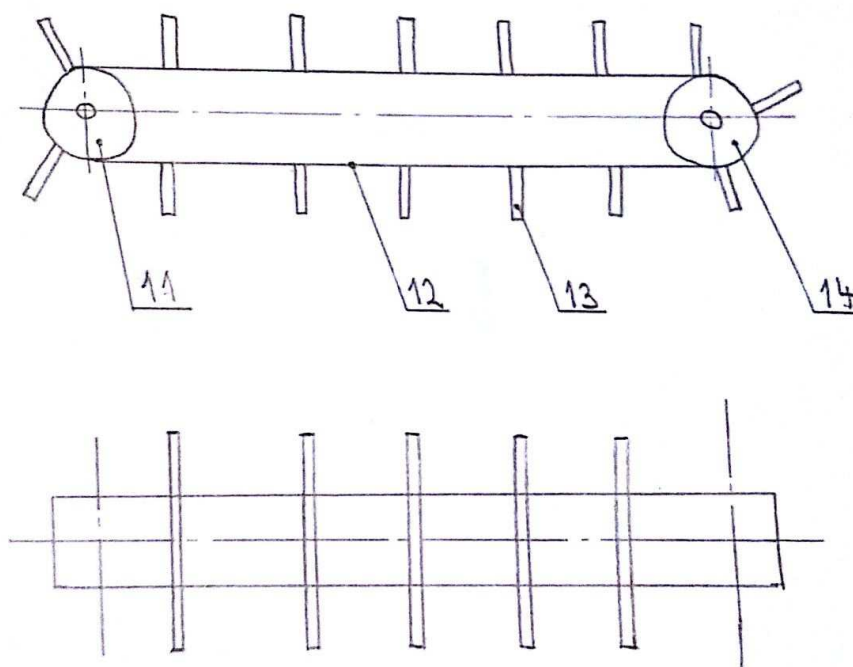
Slika 8. Nacrt koncepta 1

POGON I PRIENOS SNAGE

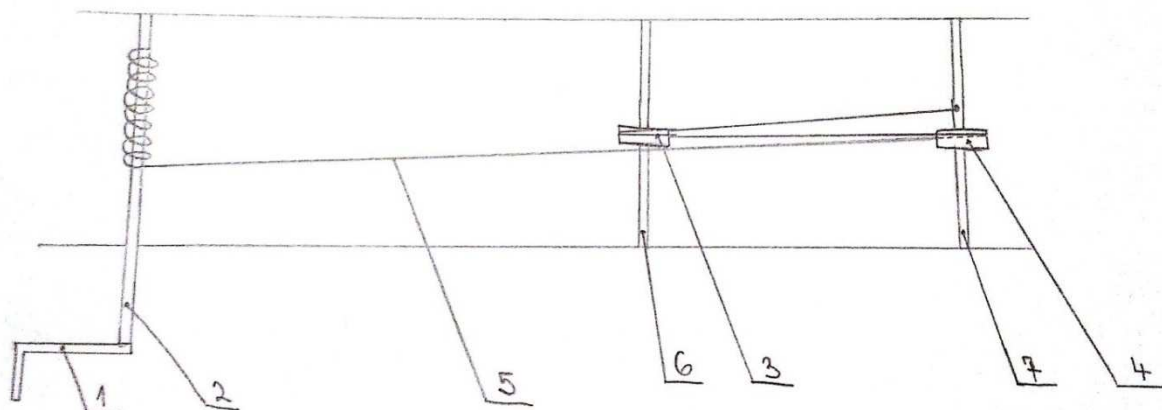


Slika 9. Prijenos snage koncepta 1

TRAKASTI KONVEJER SA METALNIM LOPATICAMA



Slika 10. Konvejer koncepta 1

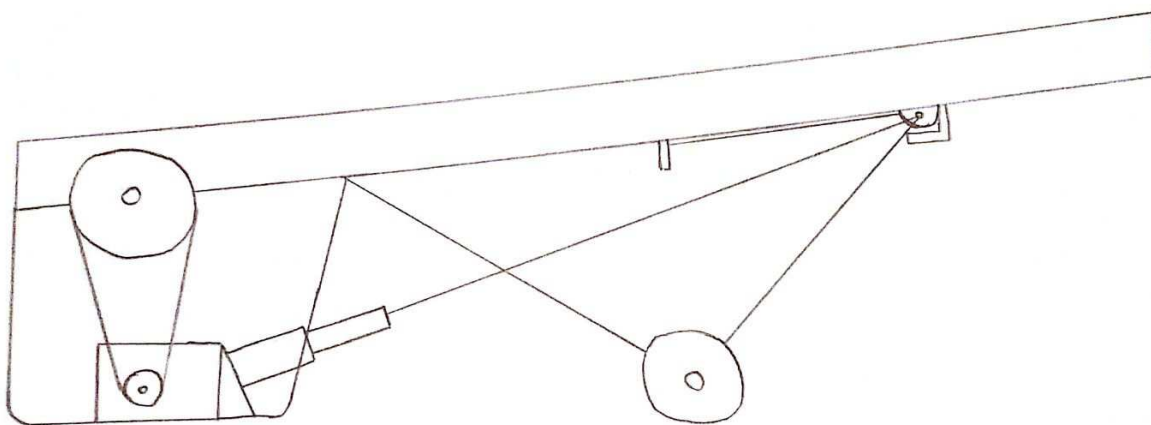


Slika 11. Mehanizam za promjenu visine koncepta 1

Ideja prvog koncepta je elevator koji se sastoji od nosive konstrukcije, mehanizma za pogon i prijenos snage, mehanizma za dizanje i trakastog konvejera sa metalnim lopaticama. Kukuruz se transportira preko trakastog konvejera sa metalnim lopaticama. Osnovni dijelovi trakastog

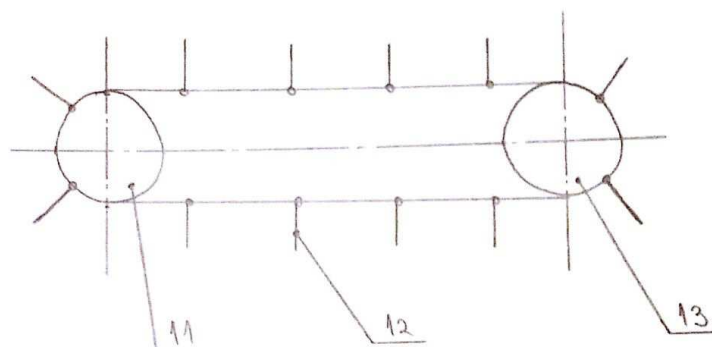
konvejera su pogonski bubanj (11), povratni bubanj (14), metalnih lopatica (13) i trake (12) koja je uža od metalnih lopatica. Metalne lopatice su pomoću vijaka spojene sa trakom. Pogon se odvija preko vratila na koji je spojen pogonski bubanj (11) trakastog konvejera, kojeg pokreće jednofazni elektromotor. Okretni moment dobiven od elektromotora povećava se preko remenskog prijenosa (10). Mehanizam za dizanje se sastoji od ručice (1), vratila (2) na koji se namata žičano čelično uže (5), užnica (3) i (4), čeličnog užeta (5), vratila (6) i (7), dva kotačića (8) i dvije cijevi (9) koje služe kao vodilice. Okrećući ručicu (1) namatamo čelično uže (5) na vrtilo (2), na taj način mijenjamo visinu dobave elevatora. Ovisno o smjeru okretanja ručice (1) elevatoru se visina povećava ili smanjuje. Glavna prednost ovog stroja je upotreba puno standardnih dijelova, koji su cijenom prihvatljivi. Nedostatak je potreba za ljudskom snagom pri promjeni visine dobave elevatora.

5.2 Koncept 2



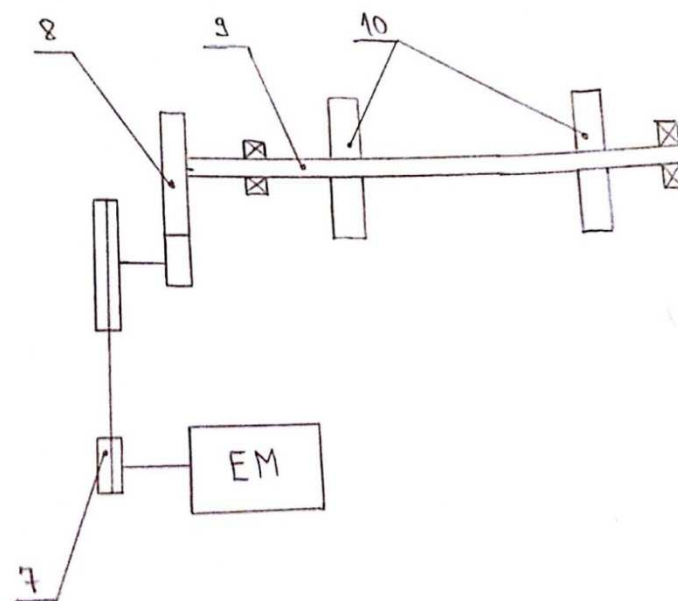
Slika 12. Nacrt koncepta 2

LANČANI KONVEJER

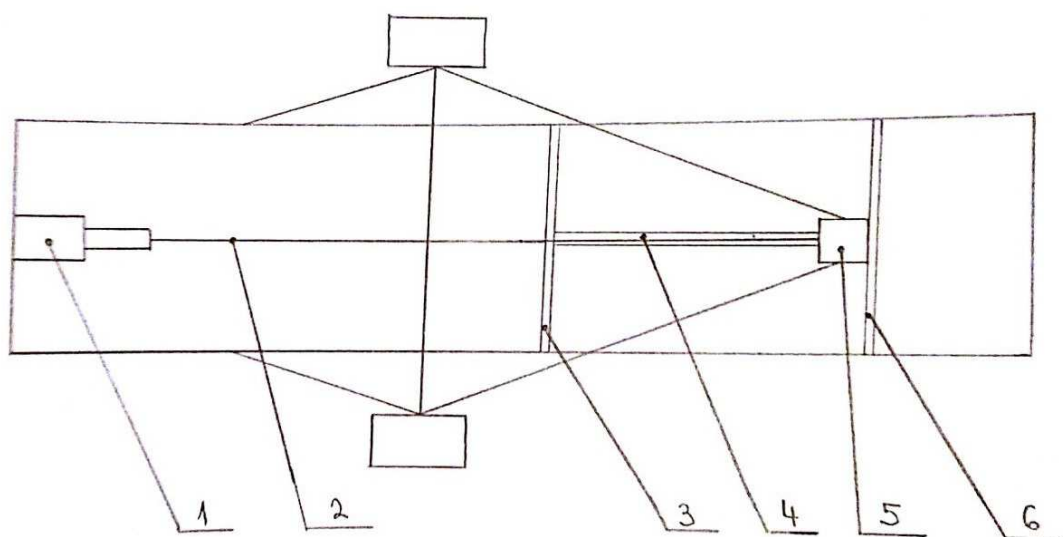


Slika 13. Konvejer koncepta 2

POGON I PRIENOS SNAGE



Slika 14. Pogon koncepta 2



Slika 15. Mehanizam za promjenu visine koncepta 2

Kod koncepta 2 kukuruz se transportira pomoću lančanog konvejera, koji se sastoji od dva pogonskog člana (11), dva lanca sa metalnim lopaticama (12) i dva gonjena člana (13). Pogonskim članovima snaga se dovodi od jednofaznog elektromotora. Okretni moment dobiven od elektromotora se povećava preko lančanog prijenosa (7) i zatim preko para zupčanika (8). Okretni moment sa zupčanika z_2 preuzima vratilo (9) i predaje pogonskim članovima lančanog konvejera (10). Mehanizam za dizanje je izveden pomoću hidrauličnog cilindra (1), cijevi (2), graničnika (3), vodilice (4), kotača (5) i drugog graničnika (6). Promjena visine dobave se mijenja ovisno o položaju klipa cilindra. Kada je klip cilindra u krajnjem izvučenom položaju, kotač (5) se nalazi kraj graničnika (6) i tada je visina dobave najmanja. Najveća visina dobave je u trenutku kada je klip uvučen i kotač (5) se nalazi kraj graničnika (3). Glavna prednost ovog koncepta je mogućnost promjene visine dobave bez potrebe za ljudskom snagom. Ujedno to je i glavna mana, jer smo povećali cijenu stroja zbog korištenja hidrauličnog cilindra i njegove popratne opreme. Nedostatak je i upotreba lančanog konvejera koji se sastoji iz više dijelova nego trakasti i potrebno je više vremena prilikom montaže.

5.3 Vrednovanje koncepata

KRITERIJI	KONCEPT 1	KONCEPT 2
Cijena	+	-
Jednostavnost izvedbe	+/-	+/-
Jednostavnost rukovanja	+	+
Kapacitet stroja	+	+
Mobilnost stroja	+	+
Potrošnja energije	+	-
Masa	+	+
Održavanje stroja	+	+/-
Veličina stroja	+/-	+/-
Sigurnost	+/-	+/-
Σ	7	2

Tablica 8. Vrednovanje koncepata

Na temelju usporedbe koncepata utvrđeno je da koncept 1 u većoj mjeri zadovoljava potrebe korisnika. Koncept 1 bolji je u pogledu cijene, potrošnje energije i održavanja samog stroja. U nastavku će se napraviti konstrukcijska razrada koncepta 1. Konstrukcijskom razradom koncepta 1 mogu se uočiti slijedeći podsklopovi elevatora za transport kukuruza: nosiva konstrukcija, sklop zadužen za transport kukuruza, sklop za mijenjanje visine dobave kukuruza, te pogon i prijenos snage.

6. Proračun i detaljna razrada

Nakon što smo odabrali koncept potrebno je provesti proračun, da bi vidjeli da li je uopće izvedivo takvo rješenje. Proračun ćemo raditi paralelno sa detaljnom razradom. Od ulaznih parametara imamo zadanu visinu dizanja iznosa 4.5 m i pogon na standardnu mrežu.

6.1 Odabir elektromotora

Snaga motora koji se koristi za pokretanje stroja za transport kukuruza varira između 1000 W i 1500 kW. Na temelju analize ostalih modela na tržištu odabirem jednofazni elektromotor snage 1100 kW, tvrtke Watt – drive.

Oznaka motora: 3BWAG 90S/L – 04E – TH – TF

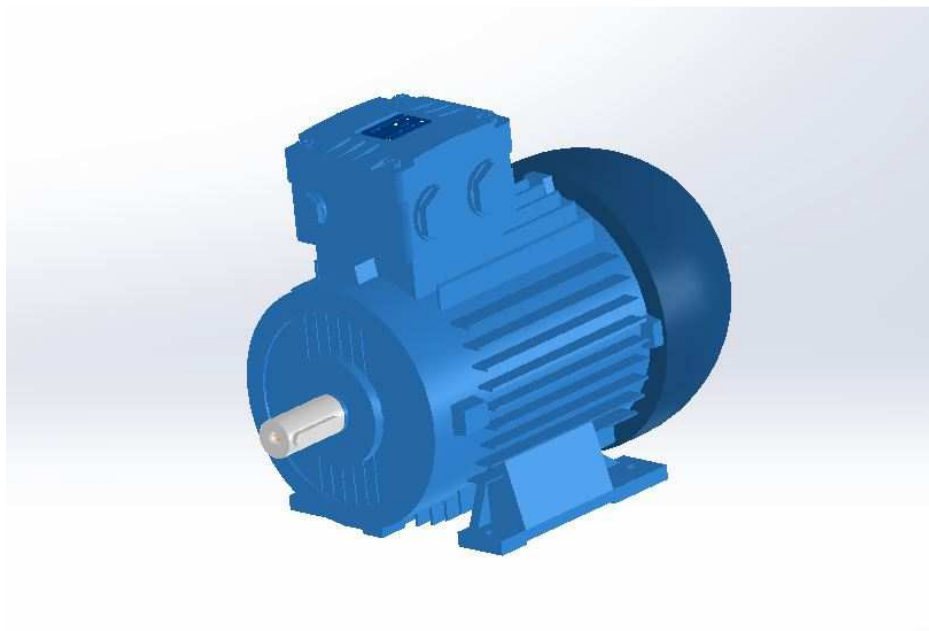
Snaga: $P_{EM} = 1100 \text{ W}$

Broj okretaja: $n_{EM} = 1450 \text{ min}^{-1} = 24.17 \text{ s}^{-1}$

Moment: $T_{EM} = 7.2 \text{ Nm}$

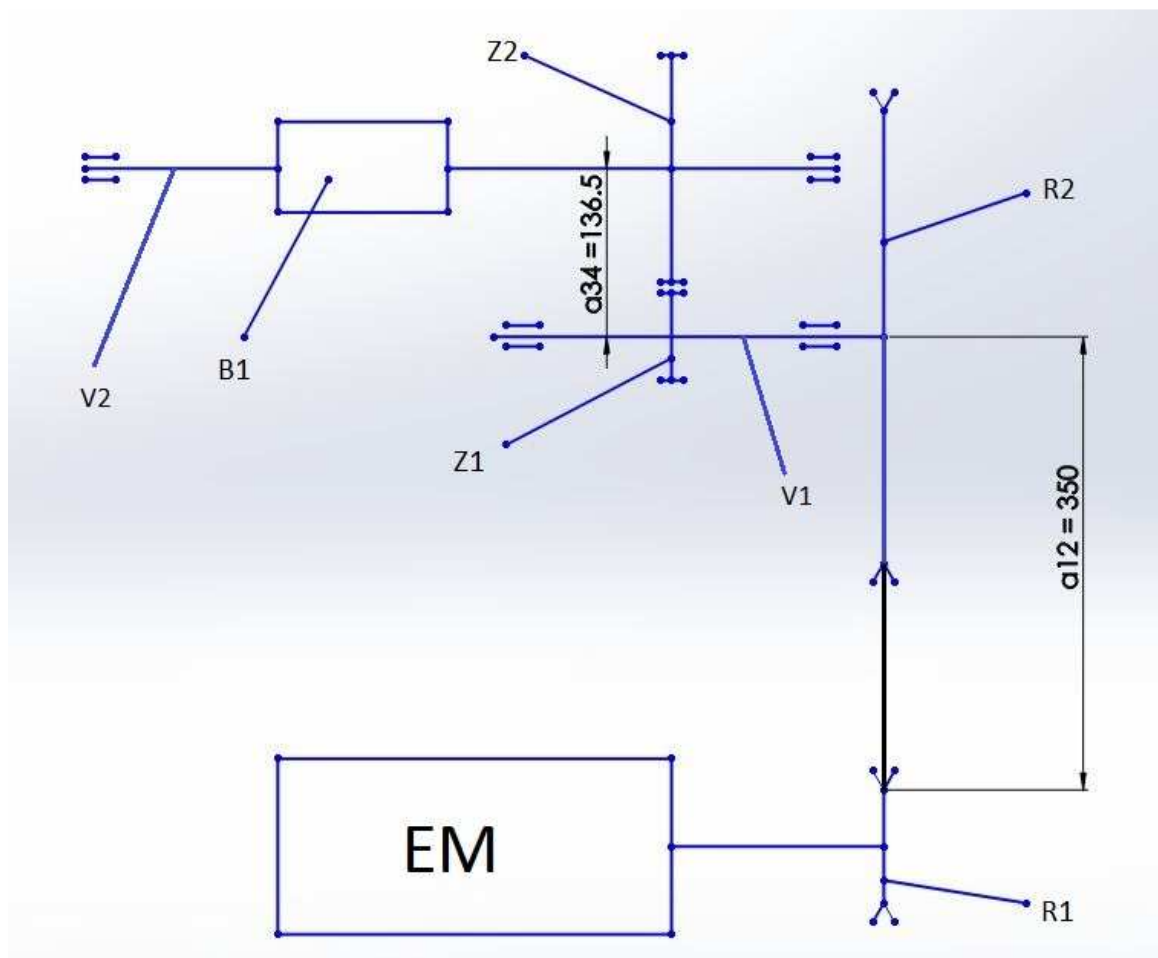
Masa: $m_{EM} = 20 \text{ kg}$

Izlazno vratilo: $\Phi 24j6 \times 50 \text{ mm}$



Slika 16. Elektromotor

6.2 Prijenos snage



Slika 17. Prijenos snage

EM – elektromotor

R1, R2 – remenice

Z1, Z2 – zupčanici

V1, V2 – vratila

B1 – pogonski bubanj transportne trake

Analizom postojećih proizvoda na tržištu, brzine transportne trake kreću se od 0.4 m/s do 1 m/s. Dimenzije prijenosnih članova (remenice, zupčanici) dobivene su na temelju broja okretaja vratila elektromotora $n_{EM} = 1450 \text{ min}^{-1}$ i odabrane brzine transportne trake $v_T = 0.5 \text{ m/s}$.

Prijenosni omjer remenica:

$$i_1 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{250}{63} = 3.97 \quad (6.1)$$

$$i_1 = \frac{n_{EM}}{n_2} \rightarrow n_2 = 6.09 s^{-1} \quad (6.2)$$

$d_1 = 63 \text{ mm}$ – promjer pogonske remenice

$d_2 = 250 \text{ mm}$ – promjer gonjene remenice

$n_2 = 6.09 s^{-1}$ – broj okretaja vratila V1

Prijenosni omjer zupčanika:

$$i_2 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{75}{16} = 4.69 \quad (6.3)$$

$$i_2 = \frac{n_2}{n_3} \rightarrow n_3 = 1.3 s^{-1} \quad (6.4)$$

$z_1 = 16$ – broj zubi pogonskog zupčanika

$z_2 = 75$ – broj zubi gonjenog zupčanika

$n_3 = 1.3 s^{-1}$ – broj okretaja vratila V2

Brzina vrtnje transportne trake:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n_3 = 8.164 s^{-1} \quad (6.5)$$

$$v_T = \omega \cdot \frac{d_B}{2} = 0.49 m / s \approx 0.5 m / s \quad (6.6)$$

$\omega = 8.164 \text{ s}^{-1}$ – kutna brzina vratila V2

$d_B = 120 \text{ mm}$ – promjer pogonskog bubnja transportne trake

$v_T = 0.5 \text{ m/s}$ – brzina transportne trake

Dosadašnje vrijednosti dobivene su putem iteracije, uz poznati broj okretaja elektromotora i odabranu brzinu transportne trake. U daljnjem proračunu provjerit će se zadovoljavaju li te dimenzije potrebne faktore sigurnosti.

6.3 Proračun remena

Odabran je SPZ uskoprofilni remen.

$b = 9.7 \text{ mm}$ – širina remena

$s = 8 \text{ mm}$ – visina remena

$E_f = 250 \frac{N}{mm^2}$ - modul elastičnosti remena za savijanje

$\sigma_{dop} = 200 \frac{N}{mm^2}$ - dopušteno naprezanje u remenu

$\mu = 0,7$ - koeficijent trenja guma

$\rho = 1200 \frac{kg}{m^3}$ - gustoća remena

$a_{12} = 350 \text{ mm}$ – osni razmak

$i_1 = 3.97$ – prijenosni omjer

$d_1 = 63 \text{ mm}, d_2 = 250 \text{ mm}$ – promjeri remenica

Vlačno naprezanje:

$$F_0 = \frac{2 \cdot T}{d_1} = \frac{2 \cdot 7.2 \cdot 1000}{63} = 230.16 N \approx 230 N \quad (6.7)$$

$$\sin(\alpha) = \frac{d_2 - d_1}{2a_{12}} = \frac{250 - 63}{2 \cdot 350} = 0,2671$$

$$\alpha = \arcsin(0,2671) = 15.5^\circ, \tilde{\alpha} \approx 0,27$$

(6.8)

$$F_1 = F_0 \cdot \frac{e^{\mu\beta}}{e^{\mu\beta} - 1} = 230 \cdot \frac{e^{0.7 \cdot 2.6}}{e^{0.7 \cdot 2.6} - 1} = 274.47 \text{ N} \quad (6.9)$$

$$\hat{\beta} = \pi - 2\hat{\alpha} = 2.6 \quad (6.10)$$

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{b \cdot h} = \frac{274.47}{9.7 \cdot 8} = 3.54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (6.11)$$

F_0 – obodna sila remenice

T – nazivni moment elektromotora

α – kut nagiba slobodnog ili vučnog ogranka remena

β – obuhvatni kut remena

σ_1 – naprezanje u vučnom ogranku

F_1 – sila u vučnom ogranku remena

Vlačno naprezanje uslijed centrifugalne sile ($v_{\text{rem}} > 15 \text{ m/s}$):

$$v_{\text{rem}} \approx d_1 \cdot \pi \cdot n_1 \approx d_2 \cdot \pi \cdot n_2 \approx 0.063 \cdot \pi \cdot \frac{1450}{60} \approx 4.78 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (6.12)$$

- Zanemaruje se, jer je brzina remena $v_{\text{rem}} < 15 \text{ m/s}$

Naprezanje uslijed savijanja remena:

$$\sigma_f = E_f \cdot \frac{h}{d_1} = 250 \cdot \frac{8}{63} \approx 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (6.13)$$

Naprezanje uslijed zakretanja remena:

- Otvoreni prijenos, slijedi da je $\sigma_z = 0$.

Naprezanja u remenu:

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_1 + \sigma_f + \sigma_c + \sigma_z \leq \sigma_{\text{dop}} \quad (6.14)$$

$$\sigma_{\text{max}} = 3.87 + 32 + 0 + 0 = 35.87 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \approx 36 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{\text{dop}} \quad (6.15)$$

$$\sigma_{1dop} = \sigma_{dop} - (E_f \cdot \frac{s}{d_1} + \rho \cdot v_{rem}^2 \cdot 0.1) = 200 - (250 \cdot \frac{8}{63} + 1.2 \cdot 5^2 \cdot 0.1) = 165 \frac{N}{mm^2} \quad (6.16)$$

$$\sigma_{max} = 36 \frac{N}{mm^2} < \sigma_{1dop} = 165 \frac{N}{mm^2} \rightarrow ZADOVOLJAVA \quad (6.17)$$

σ_{max} – maksimalno naprezanje u remenu

σ_c – naprezanje uslijed centrifugalne sile

σ_f – naprezanje uslijed savijanja remena

σ_z – naprezanje uslijed zakretanja remena

Duljina remena:

$$L = 2 \cdot a \cdot \cos(\alpha) + \frac{\pi}{2} \cdot (d_1 + d_2) + \hat{\alpha}(d_2 - d_1)$$

$$L = 2 \cdot 350 \cdot \cos(15.5) + \frac{\pi}{2} \cdot (63 + 250) + 0,27 \cdot (250 - 63) = 1217mm \quad (6.18)$$

Učestalost savijanja:

$$f = Z \cdot \frac{v_{rem}}{L} \leq f_{dop} [s^{-1}] \quad (6.19)$$

$$f = 2 \cdot \frac{4.78}{1.271} = 7.52 \leq f_{dop} = 60s^{-1} \rightarrow ZADOVOLJAVA \quad (6.20)$$

$f_{dop} = 60s^{-1}$ za uski klinasti remen

Z – broj remenica

L – duljina remena

6.4 Proračun vratila

Za odabrani materijal vratila St 60-2 (E355) vrijednosti dopuštenih naprezanja prema Tochtermannu i Bodensteinu iznose $\sigma_{dop} = 40 \text{ N/mm}^2$.

Promjeri vratila koji su istovremeno fleksijski i torzijski opterećeni:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{red}}{\pi \cdot \sigma_{dop}}} \approx \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{red}}{\sigma_{dop}}} \quad (6.21)$$

$$M_{red} = \sqrt{M^2 + 0,75(\alpha_0 \cdot T)^2} \quad (6.22)$$

M - moment savijanja

T - moment uvijanja

Faktor čvrstoće materijala vratila obzirom na način njegovog opterećenja:

$$\alpha = \frac{\sigma_{DN}}{1,73 \cdot \tau_{DI}} \quad (6.23)$$

Iz Tablice 1, Podloga Vratilo slijedi za odabrani materijal

$$\alpha = \frac{280}{1,73 \cdot 230} = 0,7 \quad (6.24)$$

6.4.1 Vratilo 1

Moment uvijanja:

$$i_R = \frac{T_{R2}}{T_{EM} \cdot \eta_R} \rightarrow T_{R2} = 7.2 \cdot 3.97 \cdot 0.96 = 27.44 \text{ Nm} \quad (6.25)$$

$\eta_R = 0.96$ - stupanj djelovanja za vratila remenica uležištena na valjnim ležajevima

Reducirani moment

$$M_{red} = \sqrt{M^2 + 0,75(\alpha_0 \cdot T)^2} = \sqrt{0^2 + 0,75(0,7 \cdot 27440)^2} = 16635 Nmm \quad (6.26)$$

Promjer vratila iznosi

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{red}}{\pi \cdot \sigma_{dop}}} \approx \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{red}}{\sigma_{dop}}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 16635}{40}} = 16.1 mm \quad (6.27)$$

Zbog sigurnosti i konstrukcijskih razloga odabiremo promjer vratila $d = 25 \text{ mm}$.

6.4.2 Vratilo 2

Duljina vratila 2 sa pogonskim bubnjem transportne trake iznosi 616 mm. Masa bubnja iznosi 9 kg tj. približna težina iznosi 90 N.

Težina bubnja stvara moment savijanja:

$$M = \frac{90}{2} \cdot \frac{616}{2} = 13860 Nmm \quad (6.28)$$

Moment uvijanja:

$$i_z = \frac{T_{z2}}{T_{R2} \cdot \eta_z} \rightarrow T_{z2} = 27.44 \cdot 4.69 \cdot 0.97 = 124.83 Nm \quad (6.29)$$

$\eta_z = 0.97$ - stupanj djelovanja za zupčani par

Reducirani moment

$$\begin{aligned} M_{red} &= \sqrt{M^2 + 0,75(\alpha_0 \cdot T)^2} \\ M_{red} &= \sqrt{13860^2 + 0,75(0,7 \cdot 124830)^2} = 76933 Nmm \end{aligned} \quad (6.30)$$

Promjer vratila iznosi

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{red}}{\pi \cdot \sigma_{dop}}} \approx \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{red}}{\sigma_{dop}}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 76933}{40}} = 26.8 \text{ mm} \quad (6.31)$$

Zbog sigurnosti i konstrukcijskih razloga odabiremo promjer vratila $d = 30 \text{ mm}$.

6.5 Proračun zupčanika

Radi jednostavnije i jeftinije izrade, oba zupčanika su izrađena iz istog materijala i jednakim postupcima mehaničke i toplinske obrade.

Orijentacijski proračun modula:

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{u+1}{u} \cdot \frac{2 \cdot T_{Z1} \cdot K_I \cdot K_V}{\lambda \cdot z_1^2 \cdot \sigma_{HP}^2} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot Z_M^2 \cdot Z_H^2 \cdot Z_\varepsilon^2} \quad (6.32)$$

$$i_R = \frac{T_{R2}}{T_{EM} \cdot \eta_R} \rightarrow T_{R2} = T_{Z1} = 7.2 \cdot 3.97 \cdot 0.96 = 27.44 \text{ Nm} \quad (6.33)$$

$$i_Z = \frac{z_2}{z_1} = \frac{75}{16} = 4.69 = u \quad (6.34)$$

Orijentacijski:

$$K_I = K_V = K_{H\alpha} = K_{H\beta} = Z_\varepsilon = 1$$

$$Z_H = 2.5$$

$$Z_M = 190 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Ck45 (} \sigma_{Hlim} = 590 \text{ N/mm}^2 \text{)}$$

$$\lambda = 15$$

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_H} = \frac{590}{1.3} = 453.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \approx 454 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (6.35)$$

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{5.69}{4.69} \cdot \frac{2 \cdot 27440}{16^2 \cdot 454^2 \cdot 15} \cdot 190^2 \cdot 2.5^2} \geq 2.66 \text{ mm} \rightarrow m = 3 \text{ mm} \quad (6.36)$$

Širina zupčanika:

$$\lambda = 15 \rightarrow b = \lambda \cdot m = 15 \cdot 3 = 45 \text{ mm}$$

Geometrija zupčanika:

$$d_1 = m \cdot z_1 = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm} \quad (6.37)$$

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 48 + 2 \cdot 3 = 54 \text{ mm} \quad (6.38)$$

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m = 48 - 2,5 \cdot 3 = 40,5 \text{ mm} \quad (6.39)$$

$$d_{b1} = d_1 \cdot \cos(\alpha) = 48 \cdot \cos(20^\circ) = 45,1 \text{ mm} \quad (6.40)$$

Proračun sigurnosti bokova:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_{t \max}}{b_1 \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot Z_M \cdot Z_H \cdot Z_\epsilon} \leq \sigma_{HP} \quad (6.41)$$

$$F_{t \max} = \frac{2 \cdot T_{1 \max}}{d_1} = \frac{2 \cdot 27440}{48} \approx 1140 \text{ N} \quad (6.42)$$

Ulazni podaci:

$$b_1 = 45 \text{ mm}$$

$$d_1 = 48 \text{ mm}$$

$$u = 4,69$$

kvaliteta ozubljenja 8

$$q_L = 1$$

Geometrija zupčanika 2:

$$d_2 = m \cdot z_2 = 3 \cdot 75 = 225 \text{ mm} \quad (6.43)$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 225 + 2 \cdot 3 = 231 \text{ mm} \quad (6.44)$$

$$d_{b2} = d_2 \cdot \cos(\alpha) = 225 \cdot \cos(20^\circ) = 211,4 \text{ mm} \quad (6.45)$$

$$a_{12} = m \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} = 3 \cdot \frac{16 + 75}{2} = 136,5 \text{ mm} \quad (6.46)$$

- Stupanj prekrivanja:

$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{\sqrt{d_{a1}^2 - d_{b1}^2} + \sqrt{d_{a2}^2 - d_{b2}^2} - 2 \cdot a_{12} \cdot \sin(\alpha_w)}{2 \cdot \pi \cdot m_n \cdot \cos(\alpha_n)} = 0.86 \quad (6.47)$$

$$Z_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_{\alpha}}{3}} = 1.02 \quad (6.48)$$

$$Z_H = \frac{1}{\cos(\alpha)} \sqrt{\frac{2}{\tan(\alpha)}} = 2.49 \quad (6.49)$$

$$K_{H\alpha} = \frac{1}{Z_{\varepsilon}^2} = 0.96 \quad (6.50)$$

$$K_{H\beta} = 1, Z_M = 190 \sqrt{\frac{N}{\text{mm}^2}} \quad (6.51)$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{1140}{45 \cdot 48} \cdot \frac{4.69 + 1}{4.69} \cdot 0.96 \cdot 190 \cdot 2.49 \cdot 1.02} \approx 379 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (6.52)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{H\text{lim}} &= 590 \frac{N}{\text{mm}^2} \\ S &= \frac{\sigma_{H\text{lim}}}{\sigma_H} = \frac{590}{379} = 1.56 \end{aligned} \quad (6.53)$$

Vidimo da je $S = 1.56 > S_H = 1.3$, zaključujemo da ovako dimenzionirani zupčnici zadovoljavaju!

6.6 Proračun nosive konstrukcije

Proračun nosive konstrukcije provest ćemo za najnepovoljniji položaj, a to je za slučaj kada se teret transportira na najveću visinu, koja iznosi 4.5 m (za $\beta = 34^\circ$).

Ulazni parametri:

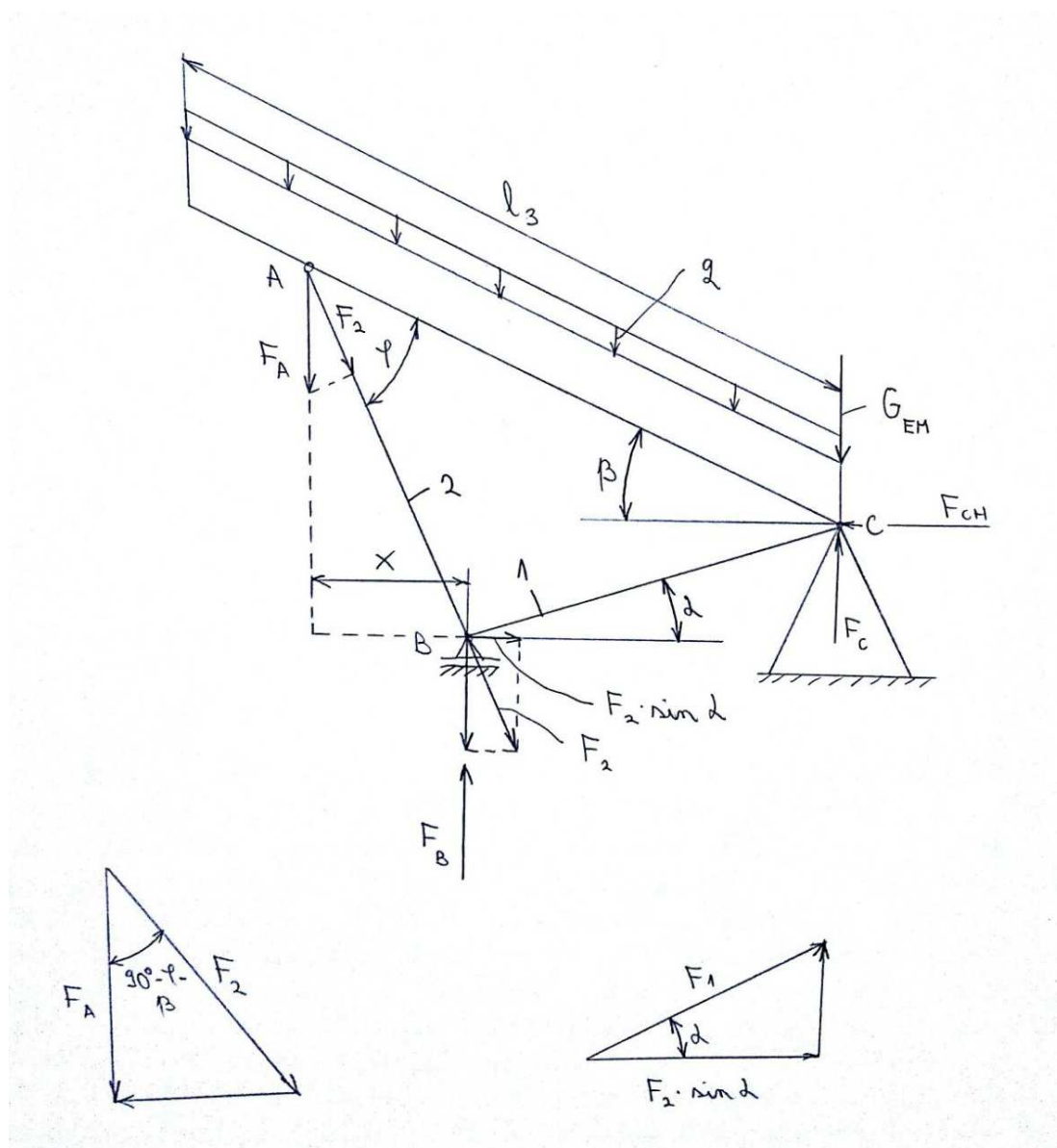
$m \approx 450\text{kg}$ - masa nosive konstrukcije

$\alpha = 9^\circ, \beta = 34^\circ, \varphi = 38^\circ$

$l_1 = 2490\text{mm}$ - duljina štapa 1

$l_2 = 3300\text{mm}$ - duljina štapa 2

$l_3 = 6390\text{mm}$ - duljina puta tereta



Slika 18. Oslobađanje veza

Na temelju oslobođenoga štapa duljine l_1 od veza, možemo pisati:

$$\Sigma F_H = 0; \rightarrow F_{CH} = 0 \quad (6.54)$$

$$\Sigma F_V = 0; \rightarrow F_B + F_C = G_{EM} + q \cdot l_3 \quad (6.55)$$

$$\Sigma M_C = 0; \rightarrow F_B \cdot l_1 \cdot \cos(\alpha) = q \cdot l_3 \cdot \frac{l_3}{2} \cdot \cos(\beta) \quad (6.56)$$

$$G_{EM} = m_{EM} \cdot g = 20 \cdot 9.81 \approx 200N \quad (6.57)$$

$$q = \frac{m \cdot g}{l_3} = \frac{450 \cdot 9.81}{6390} = 0.69 \frac{N}{mm} \quad (6.58)$$

Iz jednadžbe (6.56) slijedi:

$$F_B = \frac{q \cdot l_3 \cdot l_3 \cdot \cos(\beta)}{2 \cdot l_1 \cdot \cos(\alpha)} \approx 4750N \quad (6.59)$$

Iz jednadžbe (6.55) slijedi:

$$F_C = G_{EM} + q \cdot l_3 - F_B \approx 1410N \quad (6.60)$$

Na temelju oslobođenoga štapa duljine l_2 od veza, možemo pisati:

$$\Sigma M_C = 0; \rightarrow F_A \cdot (l_1 \cdot \cos(\alpha) + x) = q \cdot l_3 \cdot \frac{l_3}{2} \cdot \cos(\beta) \quad (6.61)$$

$$x = l_2 \cdot \sin(90^\circ - \varphi - \beta) \approx 1020mm \quad (6.62)$$

Iz jednadžbe (6.61) slijedi:

$$F_A = \frac{q \cdot l_3 \cdot l_3 \cdot \cos(\beta)}{x + l_1 \cdot \cos(\alpha)} \approx 3357 N \quad (6.63)$$

Iz trigonometrije trokuta slijede izrazi za sile u štapovima 1 i 2:

$$F_2 = \frac{F_A}{\cos(90^\circ - \varphi - \beta)} \approx 3530 N \quad (6.64)$$

$$F_1 = \frac{F_2 \cdot \sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} \approx 560 N \quad (6.65)$$

6.6.1 Izvijanje štapova 1 i 2

Za štap 1 slijedi:

$$l_1 = 2490 \text{ mm}$$

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

$$I = 7.71 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$F_{1kr} = \frac{\pi \cdot E \cdot I}{(0.7l_1)^2} \approx 16743 N > F_1 = 560 N \rightarrow \text{ZADOVOLJAVA!} \quad (6.66)$$

Za štap 2 slijedi:

$$l_2 = 3300 \text{ mm}$$

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

$$I = 7.71 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$F_{2kr} = \frac{\pi \cdot E \cdot I}{(0.7l_2)^2} \approx 9528 N > F_2 = 3530 N \rightarrow \text{ZADOVOLJAVA!} \quad (6.67)$$

E – modul elastičnosti

I – aksijalni moment inercije čelične cijevi ($D_N = 32 \text{ mm}$)

F_{kr} – kritična sila pri kojoj dolazi do izvijanja

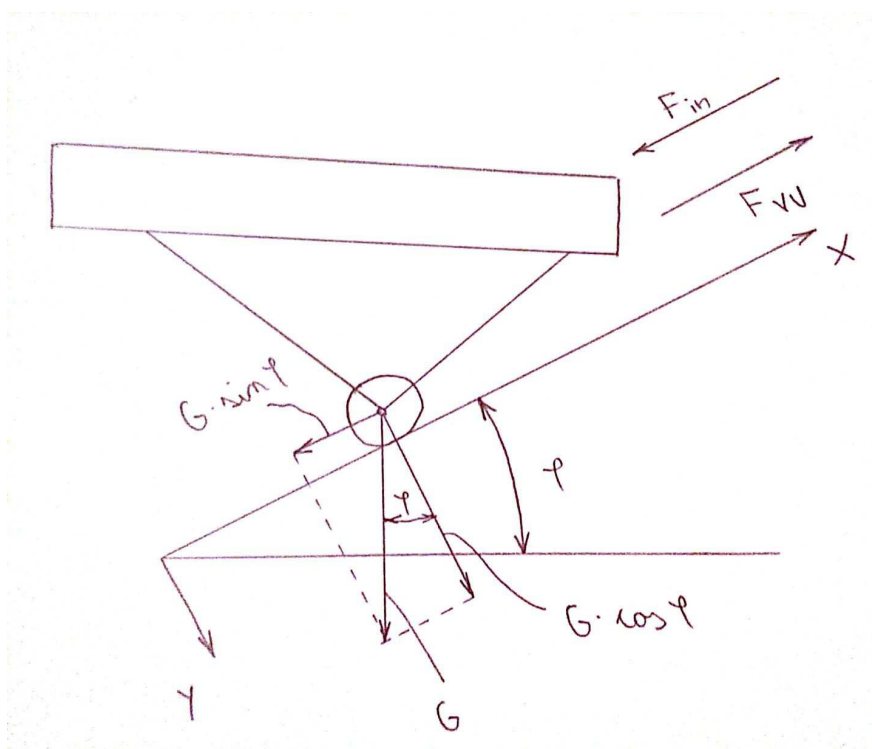
6.7 Proračun kritičnog zavora

Kritični zavar koji treba proračunati nalazi se na priključku za rudu za prijevoz stroja za transport kukuruza. Uzeli smo najnepovoljniju situaciju kada traktor vuče stroj za transport kukuruza po kosini.

Za izračunavanje sile kojom traktor vuče stroj za transport kukuruza, potrebno je pretpostaviti nagib kosine, brzinu i vrijeme ubrzanja traktora:

$\varphi = 40^\circ \rightarrow$ uz nagib kosine, tu su uzeti u obzir i otpori pri vožnji

$$v_{traktora} = 10 \frac{m}{s} ; t_u = 0.5s$$



Slika 19. Sile pri vožnji

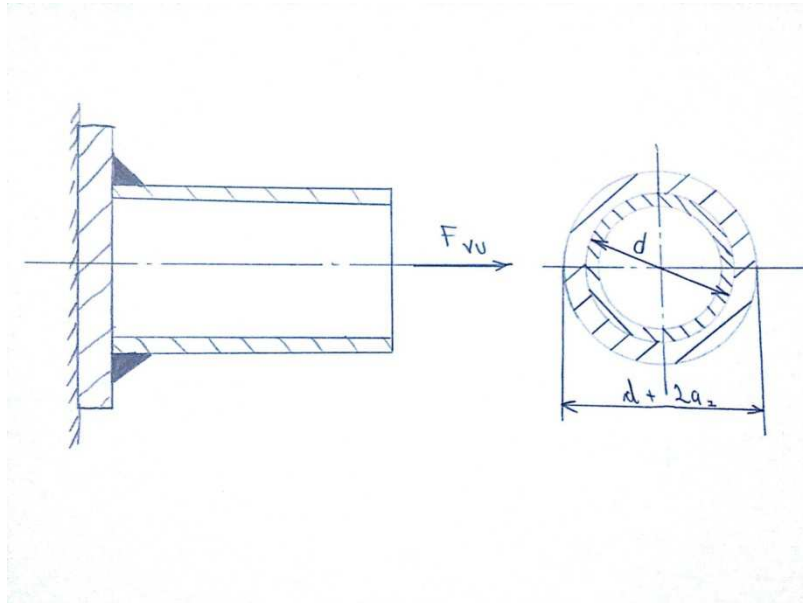
$$a = \frac{v_{traktora}}{t_u} = \frac{10}{0.5} = 20 \frac{m}{s^2} \quad (6.68)$$

$$F_{in} = m \cdot a = 450 \cdot 20 = 9000 N \quad (6.69)$$

$$G = m \cdot g = 450 \cdot 9.81 \approx 4500 N \quad (6.70)$$

$$\Sigma F_x = 0; F_{vU} - F_{in} - G \cdot \sin \varphi = 0 \quad (6.71)$$

$$F_{vU} = F_{in} + G \cdot \sin \varphi = 9000 + 4500 \cdot \sin 40^\circ \approx 11893 N \quad (6.72)$$



Slika 20. Kritični zavar

Naprezanje na vlak:

$$a_z = 5 mm$$

$$d = 45 mm$$

$$F_{vU} = 11893 N$$

$$\sigma_{dop} = 113 \frac{N}{mm^2} \text{ za S235}$$

$$A_z = \frac{(2a_z + d)^2 \cdot \pi}{4} - \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \approx 785 mm^2 \quad (6.73)$$

$$\sigma_v = \frac{F_{vU}}{A_z} = 15.15 \frac{N}{mm^2} \quad (6.74)$$

$$\sigma_{red} = \sigma_v = 15.15 \frac{N}{mm^2} < \sigma_{dop} = 113 \frac{N}{mm^2} \rightarrow \text{ZADOVOLJAVA!} \quad (6.75)$$

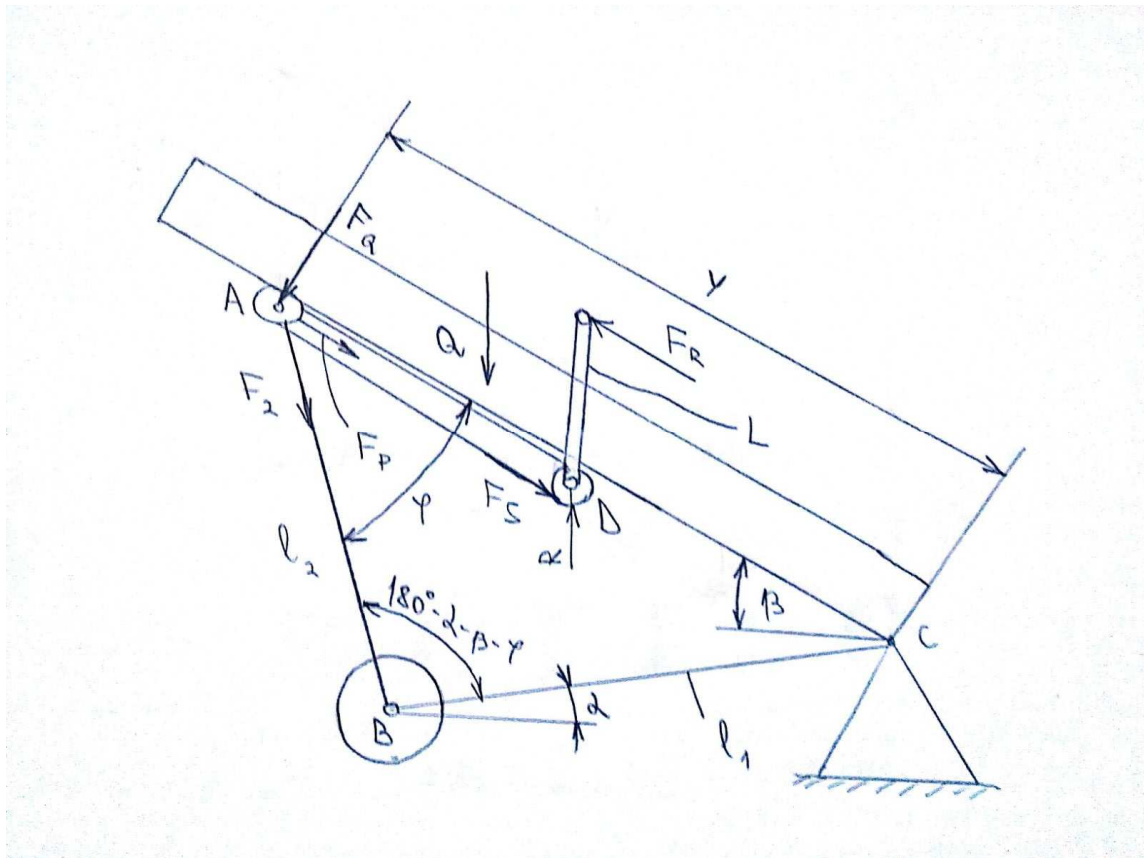
6.8 Proračun sile za namatanje užeta

Silu za namatanje užeta proračunavamo za najnepovoljniji slučaj ($\beta = 34^\circ$), tada je iznos sile na ručici najveći.

Masa korita stroja za transport kukuruza:

$$m_K \approx 250kg$$

$$Q = m_K \cdot g = 250 \cdot 9.81 \approx 2500 N \quad (6.76)$$



Slika 21. Sile pri namatanju užeta

Iz slike ,izračunamo udaljenost užnice pri najvećoj visini stroja za transport kukuruza i sile F_P, F_Q :

$$\frac{y}{\sin(180^\circ - \varphi - \beta - \alpha)} = \frac{l_2}{\sin(\alpha + \beta)} \quad (6.77)$$

$$y = l_2 \cdot \frac{\sin(180^\circ - \varphi - \beta - \alpha)}{\sin(\alpha + \beta)} \approx 4780 \text{ mm} \quad (6.78)$$

$$F_p = F_2 \cdot \cos \varphi \approx 2782 N \quad (6.79)$$

$$F_Q = F_2 \cdot \sin \varphi \approx 2174 N \quad (6.80)$$

Sila u užetu:

$$F_p = 2 \cdot F_s \rightarrow F_s = \frac{F_p}{2} = 1391 N \quad (6.81)$$

Ručna sila potrebna za promjenu visine stroja za transport kukuruza može se izraziti iz sume momenata oko točke D:

$$F_s \cdot R = F_R \cdot L \quad (6.82)$$

Iz konstrukcije očitamo:

R = 70 mm – polumjer užnice

L = 400 mm – duljina ručice

$$F_R = F_s \cdot \frac{R}{L} \approx 245 N \quad (6.83)$$

6.9 Izbor plosnatnog remena transportne trake

Odabiremo plosnati remen CNT 180, tvrtke Tehnoguma:

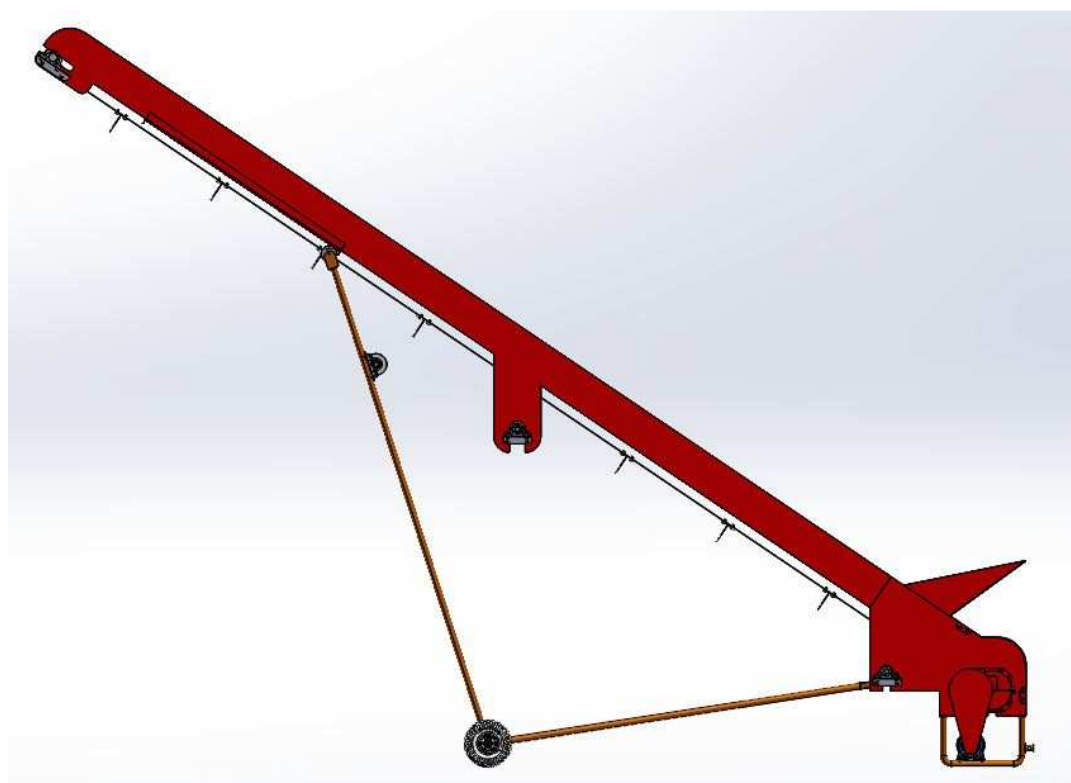
CNT		120	180	240	300	360	420
broj platana	nº	2	3	4	5	6	7
zaštitni sloj	mm						
ukupna debljina	mm	2,5	3,7	5,1	6,5	8	10
težina	kg/m²	2	3	4	5,2	6,5	8
zatezna čvrstoća	kg/cm	12	18	24	30	36	42
istezanje	%	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
min. promjer bubnja	mm	90	120	160	230	300	370

Slika 22. Plosnati remen

7. Model



Slika 23. Izometrija modela



Slika 24. Nacrta modela

8. Zaključak

Ovaj završni rad je prikaz razvoja stroja za transport kukuruza od analize tržišta, izrade funkcijske dekompozicije i morfološke matrice, vrednovanja koncepta, razrade i konstruiranja pa sve do izrade tehničke dokumentacije. Analizom tržišta istražena su postojeća rješenja sličnih strojeva za transport kukuruza. Karakteristike strojeva koje variraju su vrsta konvejera, pogon, princip mijenjanja visine dobave kukuruza i sam kapacitet stroja. Usporedbom pet strojeva različitih proizvođača, koji su po opisu odgovarali traženim uvjetima, ocjenjivanjem je odabran jedan stroj koji je poslužio kao polazište za razvoj.

Funkcijskom dekompozicijom se olakšao prikaz osnovnih funkcija, te funkcija koje je moguće dodati kako bi se proizvod unaprijedio. Nakon razlaganja proizvoda na funkcije napravljena je morfološka matrica kojom je olakšan pronalazak postojećih rješenja primjenjivih na razvoj stroja. Poboljšanja stroja su tražena u vrsti pogona, izvedbi konvejera i upotrebi što više standardnih dijelova. Koncipiranjem su napravljena dva koncepta, te se ocjenjivanjem odabrao pogodniji koncept za konstrukcijsku razradu.

Poljoprivredni strojevi ove vrste proizvode se sa vrlo velikom sigurnošću, pa je temeljem toga ovdje proveden pojednostavljen proračun. Većina dijelova je predimenzionirana kako se sama funkcija stroja ne bi dovela u pitanje.

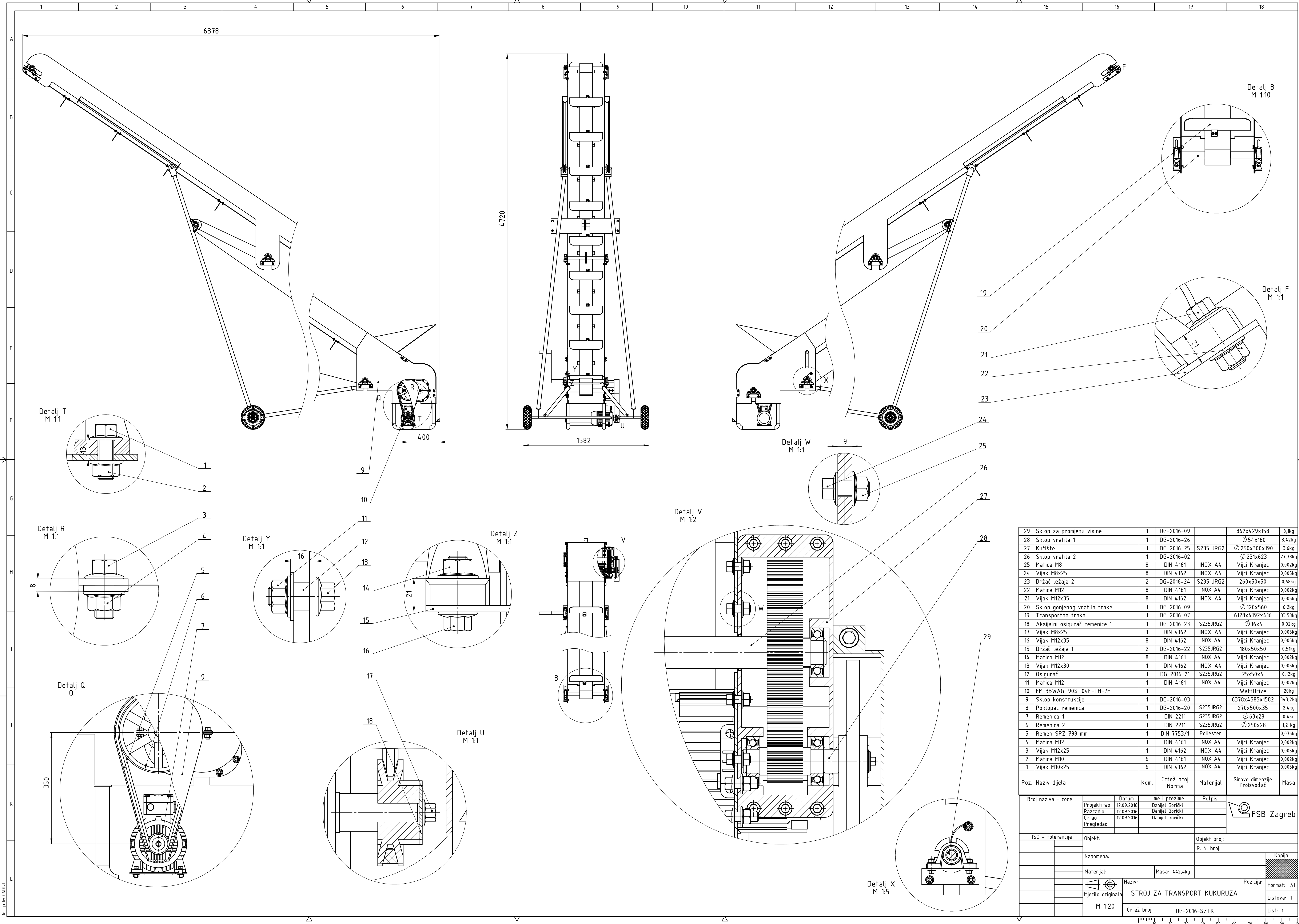
Dobiven je stroj opremljen konvejerom koji se sastoji od standardnog plosnatog remena i metalnih lopatica, jednofaznim elektromotorom za pogon i puno standardnih dijelova, što uvelike je smanjilo cijenu stroja. Glavni nedostatak dobivenog stroja i postojećih strojeva na tržištu je njihova visina, što predstavlja problem prilikom skladištenja stroja. Uzevši u obzir da stroj godišnje radi otprilike samo 200 sati, većinu vremena je u skladištu, ovdje je glavna mogućnost za sljedeće poboljšanje.

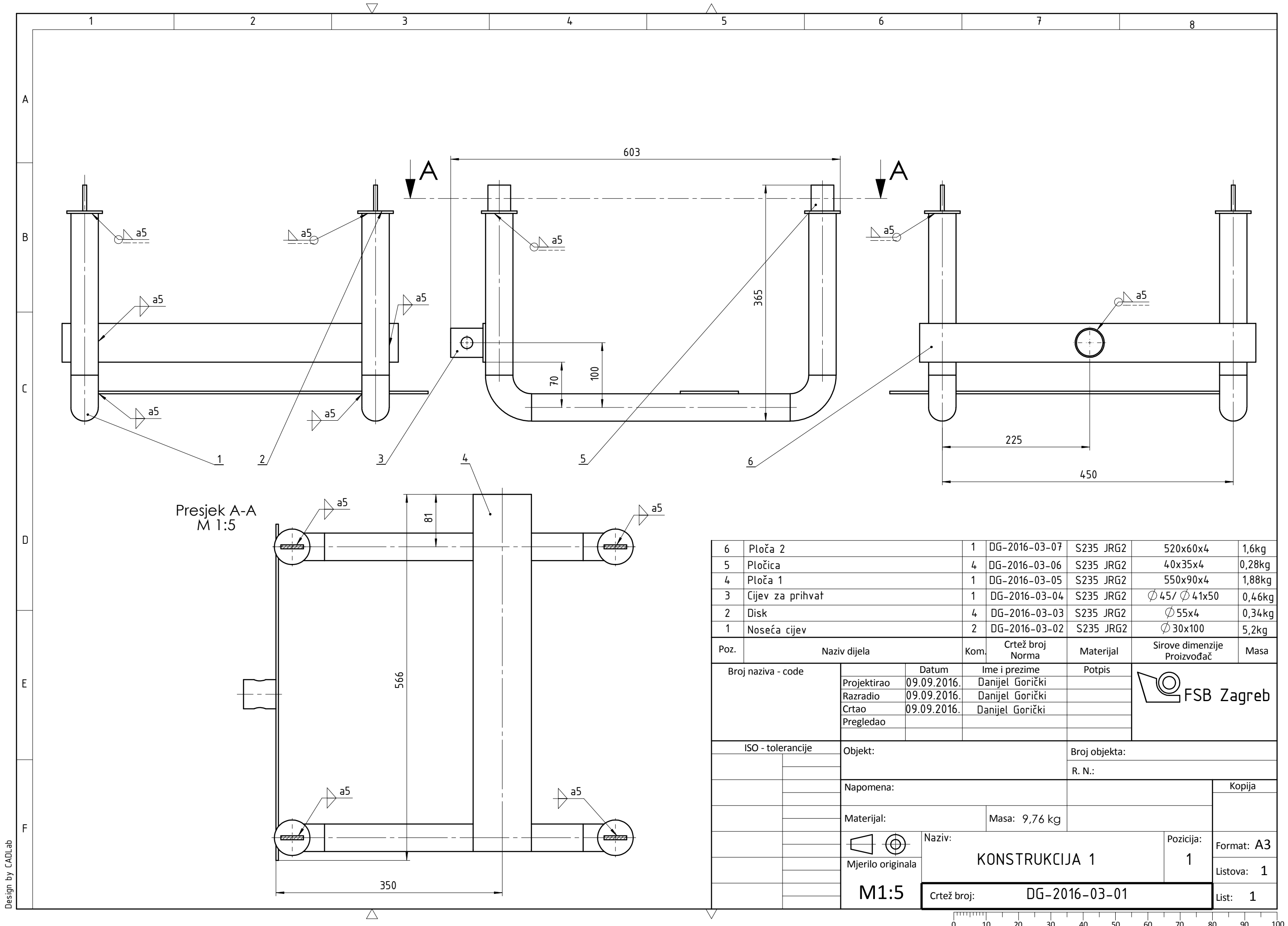
9. Literatura

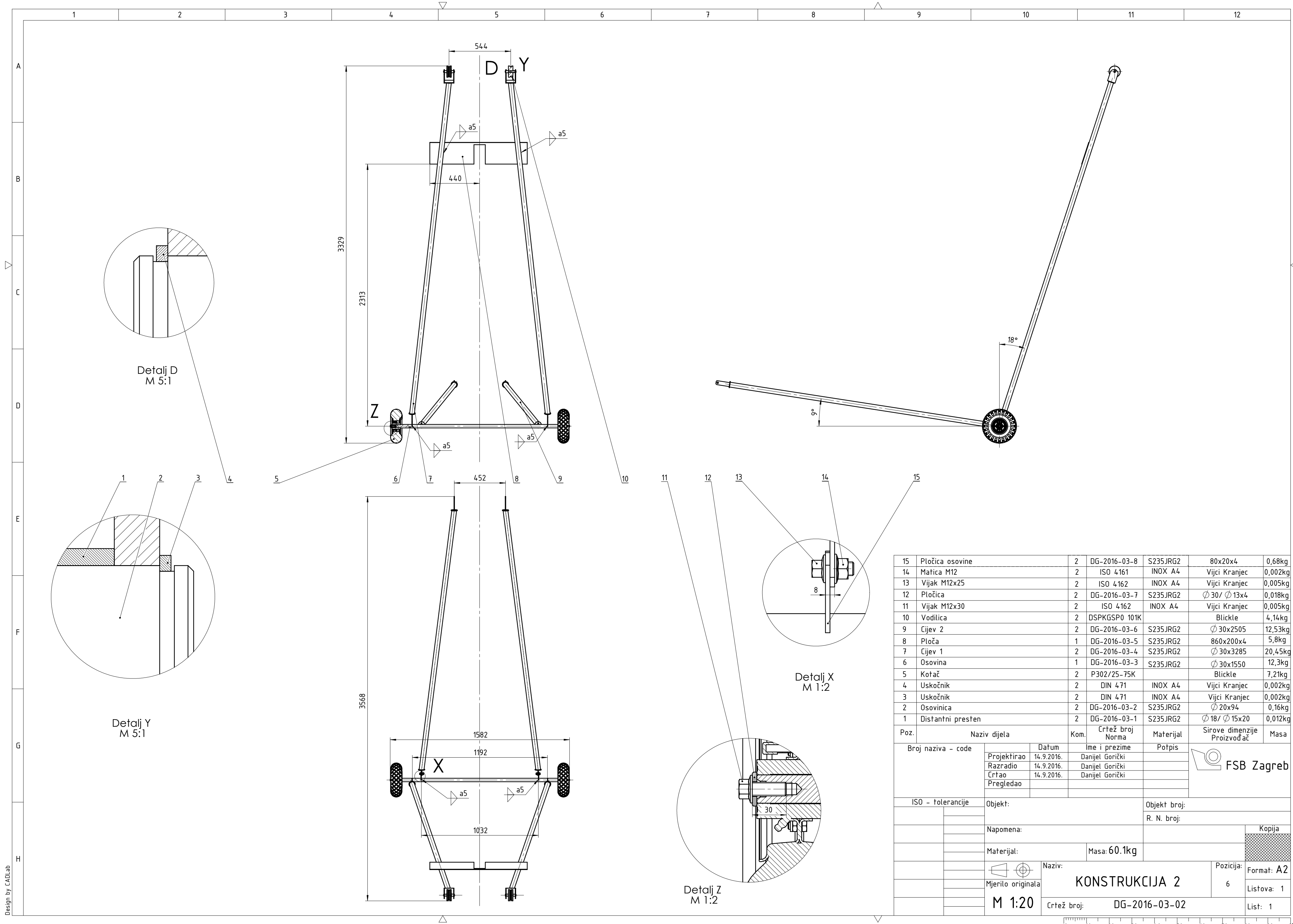
- [1] <http://www.kralj-kocijan.hr/>
- [2] <http://www.agroservis-proizvodnja.hr/>
- [3] <http://www.pomak.rs/transporteri.html>
- [4] <http://www.wattdrive.com/en/e-catalog-cat4cad/online-version.html>
- [5] <http://www.skf.com/in/index.html>
- [6] Decker, K.H., Elementi strojeva, Tehnička knjiga, Zagreb, 2006.
- [7] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Sajema, Zagreb, 2009
- [8] Remenski prijenos, podloge uz predavanja, FSB, Zagreb, 2013.
- [9] Herold, Z., Stezni i zavareni spoj, FSB, Zagreb, 1998.
- [10] Nenad Kranjčević: ELEMENTI STROJEVA, Zagreb, studeni, 2012.
- [11] Osovine i vratila, podloge uz predavanja, FSB, Zagreb, 2013.
- [12] Herold, Z., Računalna i inženjerska grafika, FSB, Zagreb, 2003.

PRILOZI

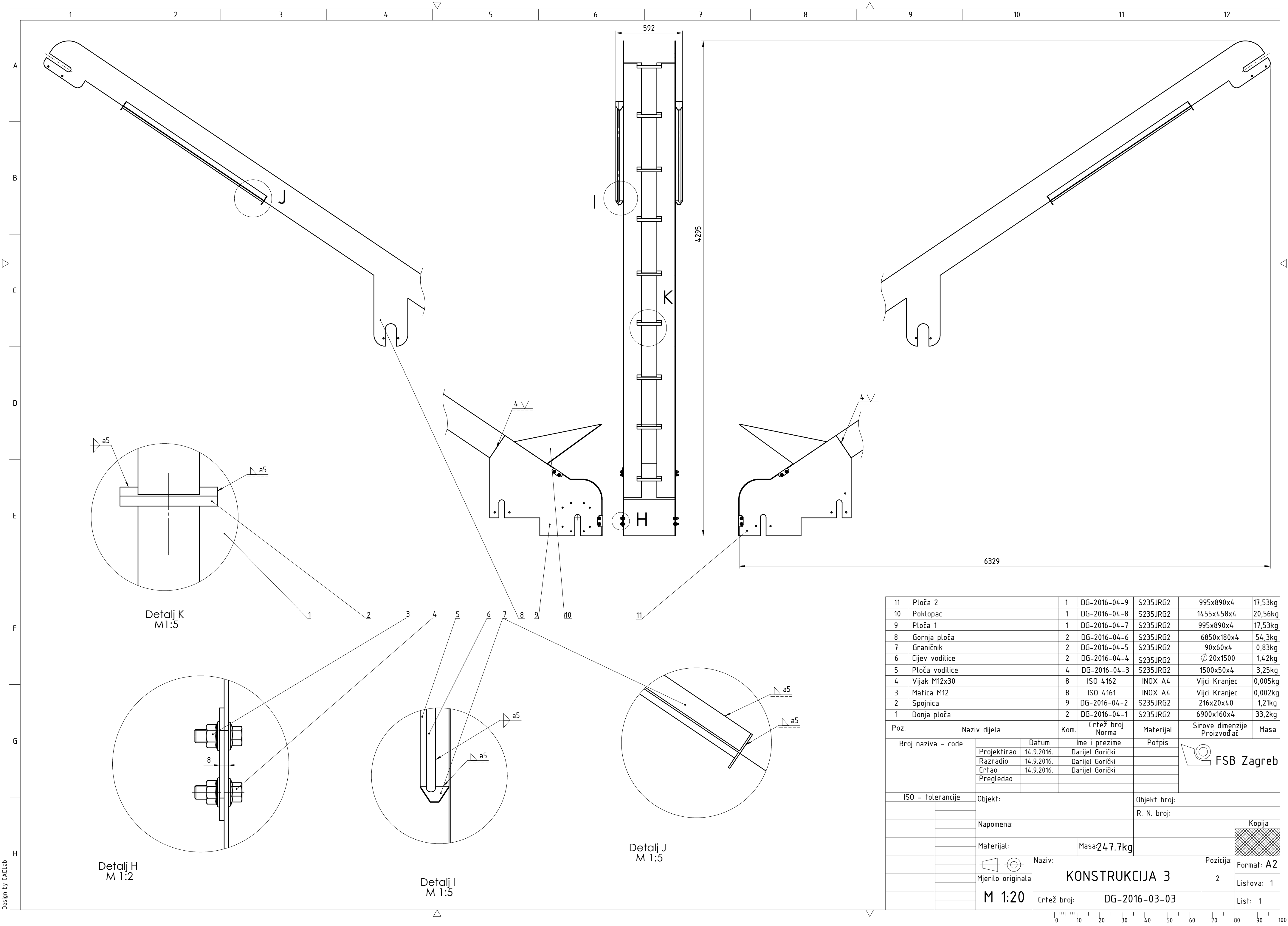
- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija

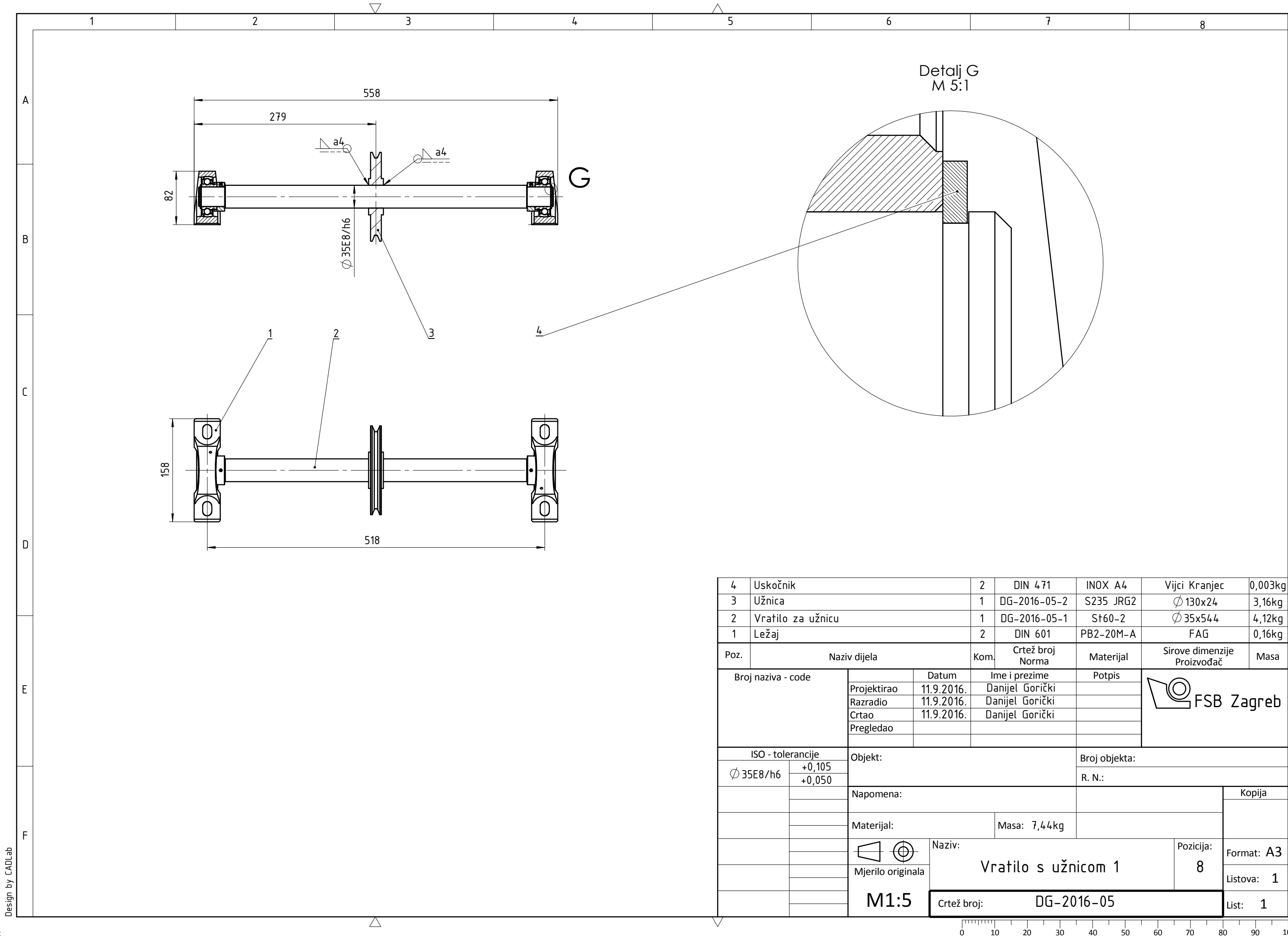






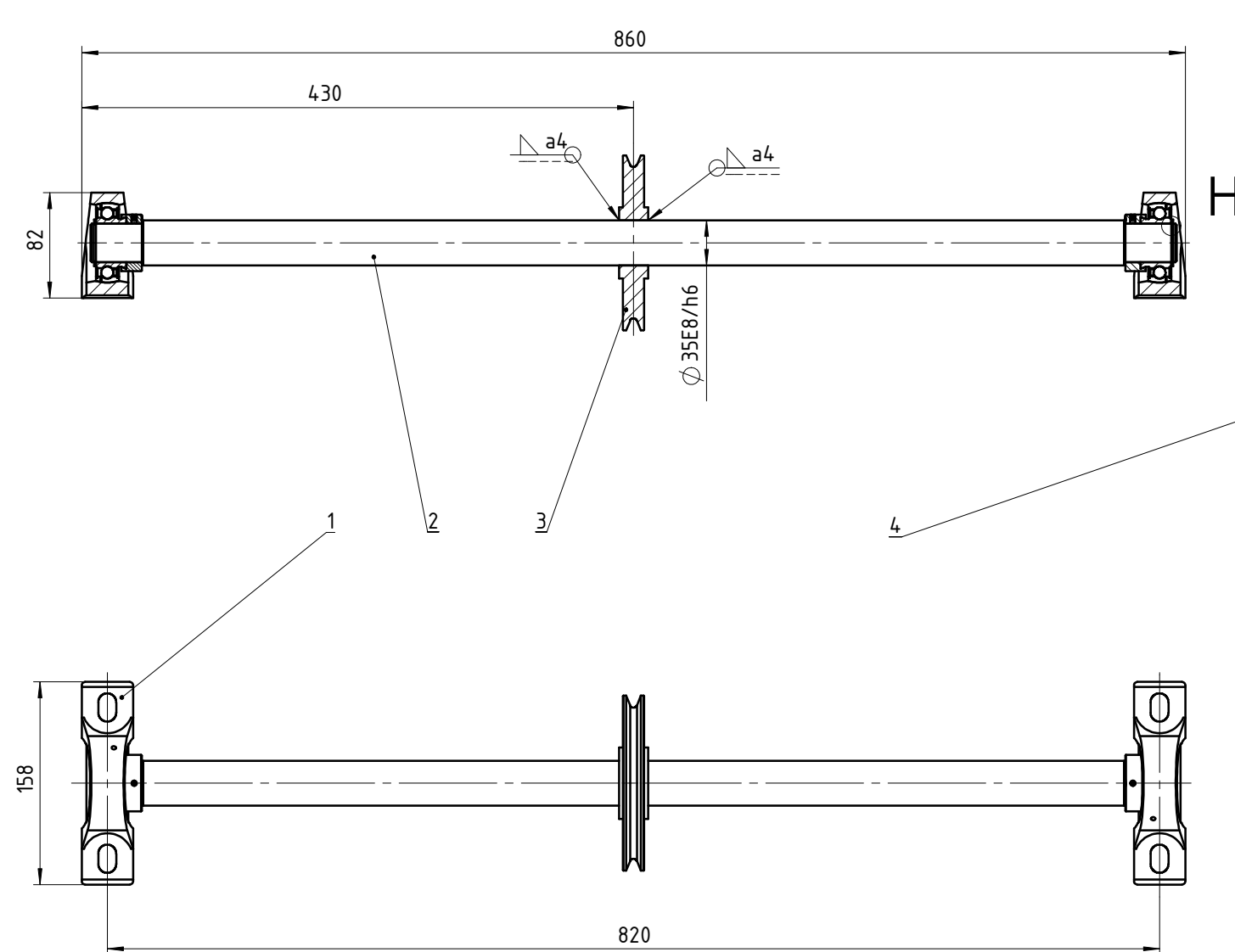



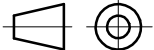
15	Pločica osovine	2	DG-2016-03-8	S235JRG2	80x20x4	0,68kg		
14	Matica M12	2	ISO 4161	INOX A4	Vijci Kranjec	0,002kg		
13	Vijak M12x25	2	ISO 4162	INOX A4	Vijci Kranjec	0,005kg		
12	Pločica	2	DG-2016-03-7	S235JRG2	Ø 30/ Ø 13x4	0,018kg		
11	Vijak M12x30	2	ISO 4162	INOX A4	Vijci Kranjec	0,005kg		
10	Vodilica	2	DSPKGPSP0 101K		Blickle	4,14kg		
9	Cijev 2	2	DG-2016-03-6	S235JRG2	Ø 30x2505	12,53kg		
8	Ploča	1	DG-2016-03-5	S235JRG2	860x200x4	5,8kg		
7	Cijev 1	2	DG-2016-03-4	S235JRG2	Ø 30x3285	20,45kg		
6	Osovinica	1	DG-2016-03-3	S235JRG2	Ø 30x1550	12,3kg		
5	Kotač	2	P302/25-75K		Blickle	7,21kg		
4	Uskočnik	2	DIN 471	INOX A4	Vijci Kranjec	0,002kg		
3	Uskočnik	2	DIN 471	INOX A4	Vijci Kranjec	0,002kg		
2	Osovinica	2	DG-2016-03-2	S235JRG2	Ø 20x94	0,16kg		
1	Distanтни presten	2	DG-2016-03-1	S235JRG2	Ø 18/ Ø 15x20	0,012kg		
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa	
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	<div>FSB Zagreb</div>		
		Projektirao	14.9.2016.	Danijel Gorički				
		Razradio	14.9.2016.	Danijel Gorički				
		Crtao	14.9.2016.	Danijel Gorički				
		Pregledao						
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:			
					R. N. broj:			
		Napomena:						
		Materijal:			Masa: 60.1kg			
		<div></div> Naziv:			Pozicija:			
		Mjerilo originala			6			
		M 1:20			Format: A2			
		Crtež broj: DG-2016-03-02			Listova: 1			
					List: 1			





4	Uskočnik	2	DIN 471	INOX A4	Vijci Kranjec	0,003kg	
3	Užnica	1	DG-2016-05-2	S235 JRG2	Ø 130x24	3,16kg	
2	Vratilo za užnicu	1	DG-2016-05-1	St60-2	Ø 35x544	4,12kg	
1	Ležaj	2	DIN 601	PB2-20M-A	FAG	0,16kg	
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb
		Projektirao	11.9.2016.	Danijel Gorički			
		Razradio	11.9.2016.	Danijel Gorički			
		Crtao	11.9.2016.	Danijel Gorički			
		Pregledao					
ISO - tolerancije		Objekt:			Broj objekta:		
Ø 35E8/h6	+0,105 +0,050				R. N.:		
		Napomena:			Kopija		
		Materijal:		Masa: 7,44kg			
			Naziv:			Pozicija:	Format: A3
			Vratilo s užnicom 1			8	Listova: 1
		Mjerilo originala	Crtež broj: DG-2016-05			List: 1	
		M1:5					



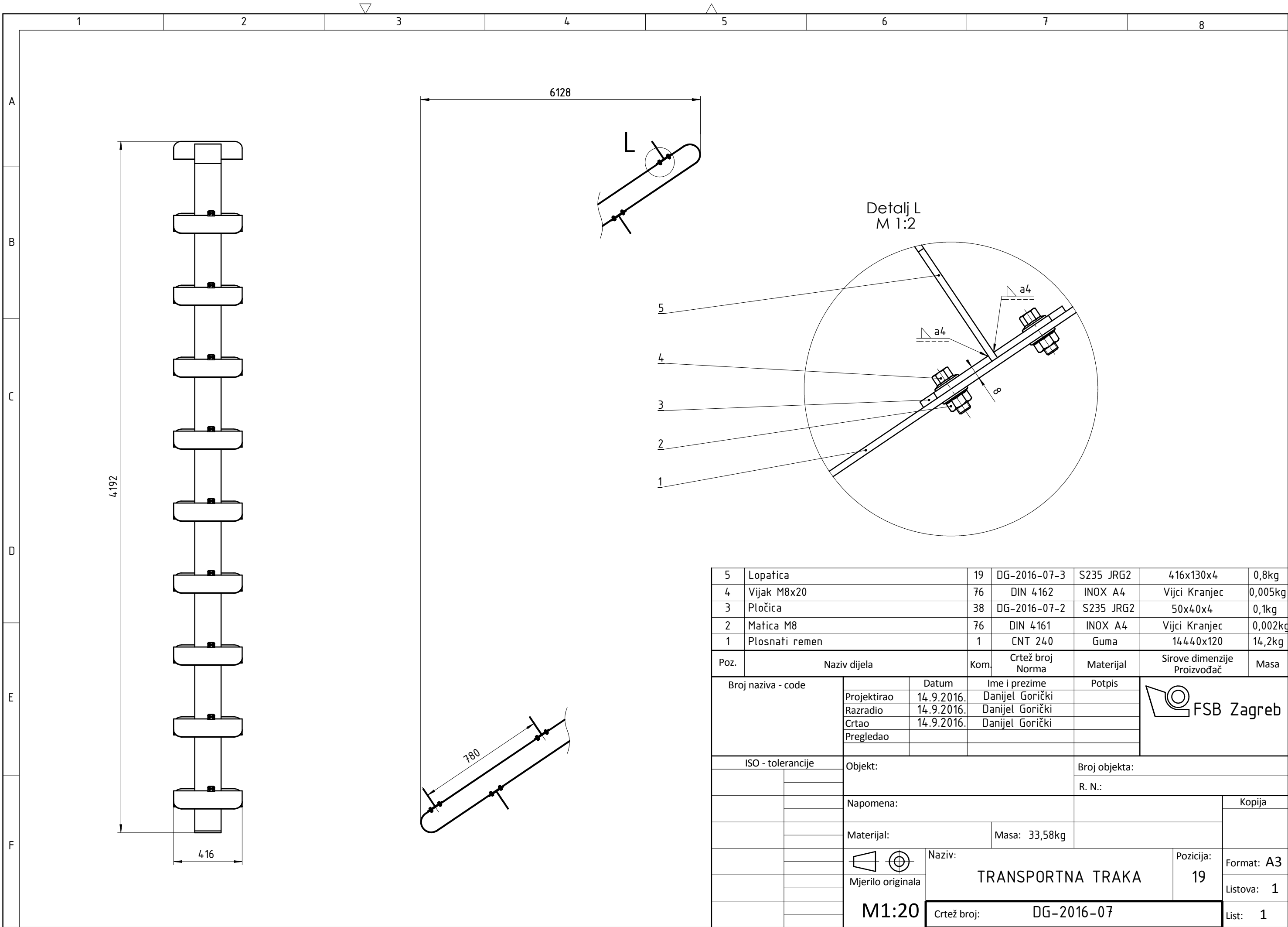
4	Uskočnik	2	DIN 471	INOX A4	Vijci Kranjec	0,003kg	
3	Užnica	1	DG-2016-06-2	S235 JRG2	Ø 130x24	3,16kg	
2	Vratilo za užnicu	1	DG-2016-06-1	St60-2	Ø 35x846	9,87kg	
1	Ležaj	2	DIN 601	PB2-20M-A	FAG	0,16kg	
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	11.9.2016.	Danijel Gorički			
		Razradio	11.9.2016.	Danijel Gorički			
		Crtao	11.9.2016.	Danijel Gorički			
		Pregledao					
ISO - tolerancije		Objekt:			Broj objekta:		
Ø 35E8/h6	+0,105 +0,050						
		Napomena:					Kopija
		Materijal:		Masa: 13,2kg			
			Naziv: Vratilo s užnicom 2			Pozicija: 9	Format: A3
		Mjerilo originala					Listova: 1
		M1:5	Crtež broj: DG-2016-06			List: 1	



Detalj H
M 5:1

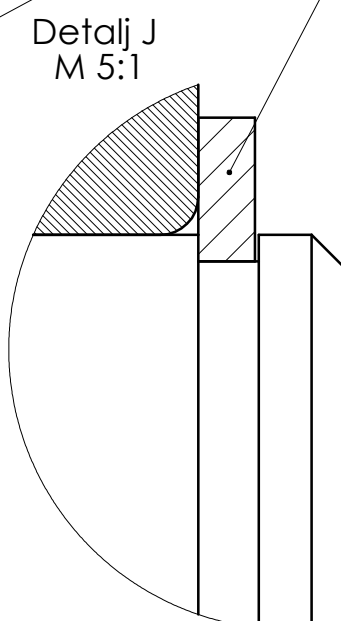
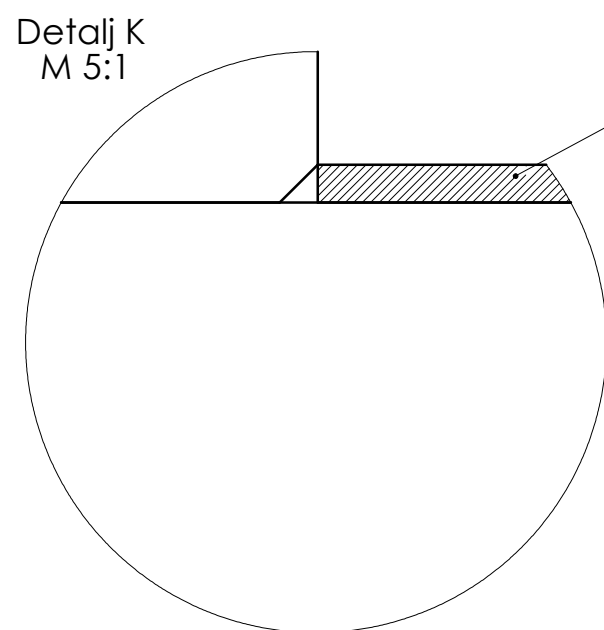
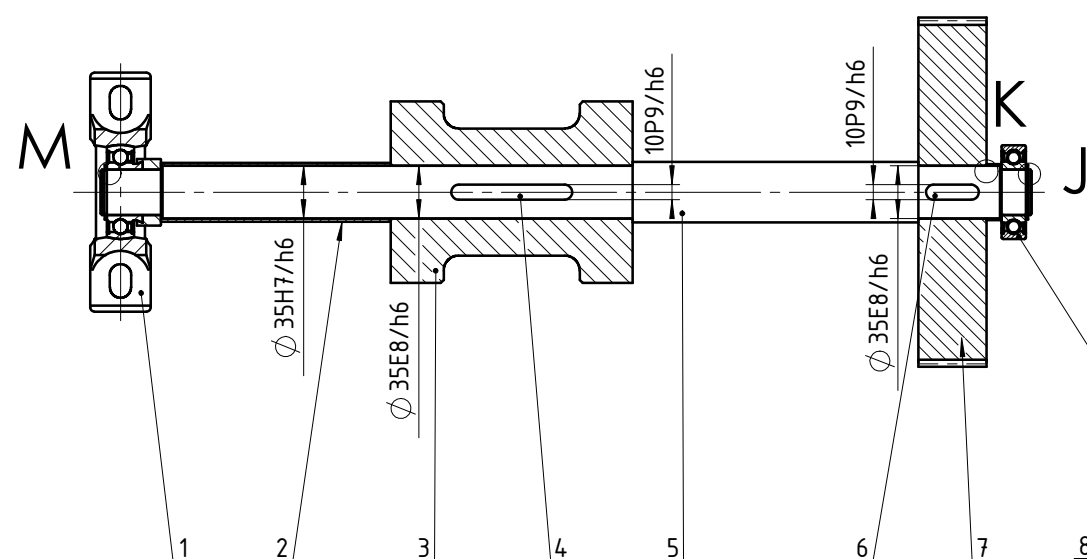
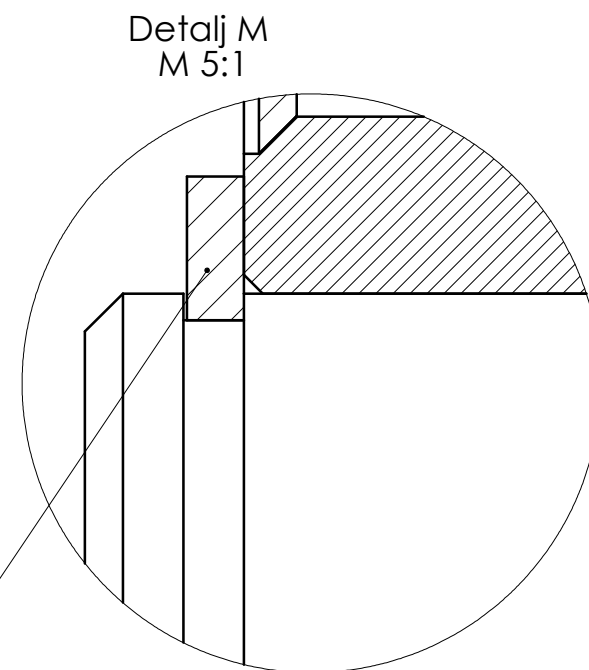
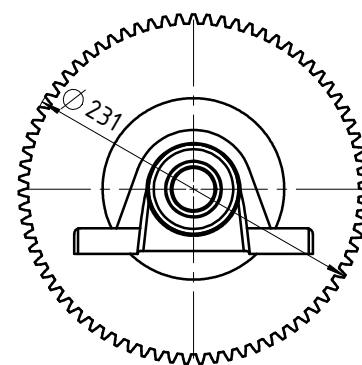
Vratilo s užnicom 2

Crtež broj: DG-2016-06


0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

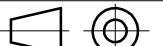


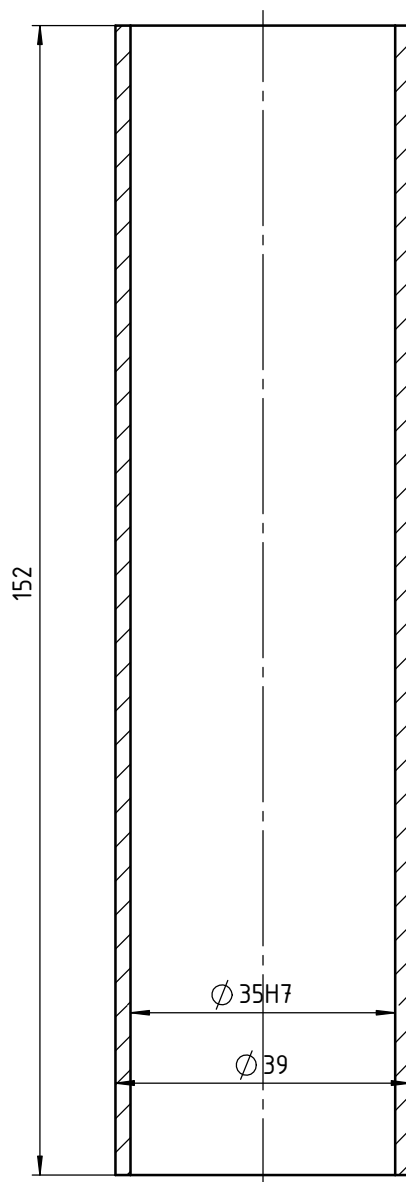
5	Lopatica	19	DG-2016-07-3	S235 JRG2	416x130x4	0,8kg	
4	Vijak M8x20	76	DIN 4162	INOX A4	Vijci Kranjec	0,005kg	
3	Pločica	38	DG-2016-07-2	S235 JRG2	50x40x4	0,1kg	
2	Matica M8	76	DIN 4161	INOX A4	Vijci Kranjec	0,002kg	
1	Plosnati remen	1	CNT 240	Guma	14440x120	14,2kg	
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	14.9.2016.	Danijel Gorički			
		Razradio	14.9.2016.	Danijel Gorički			
		Crtao	14.9.2016.	Danijel Gorički			
		Pregledao					
ISO - tolerancije		Objekt:			Broj objekta:		
					R. N.:		
		Napomena:			Kopija		
		Materijal:			Masa: 33,58kg		
		Naziv:			Pozicija:		Format: A3
	Mjerilo originala	TRANSPORTNA TRAKA			19		Listova: 1
	M1:20	Crtež broj: DG-2016-07					List: 1


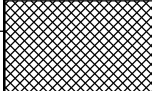
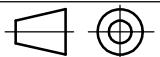


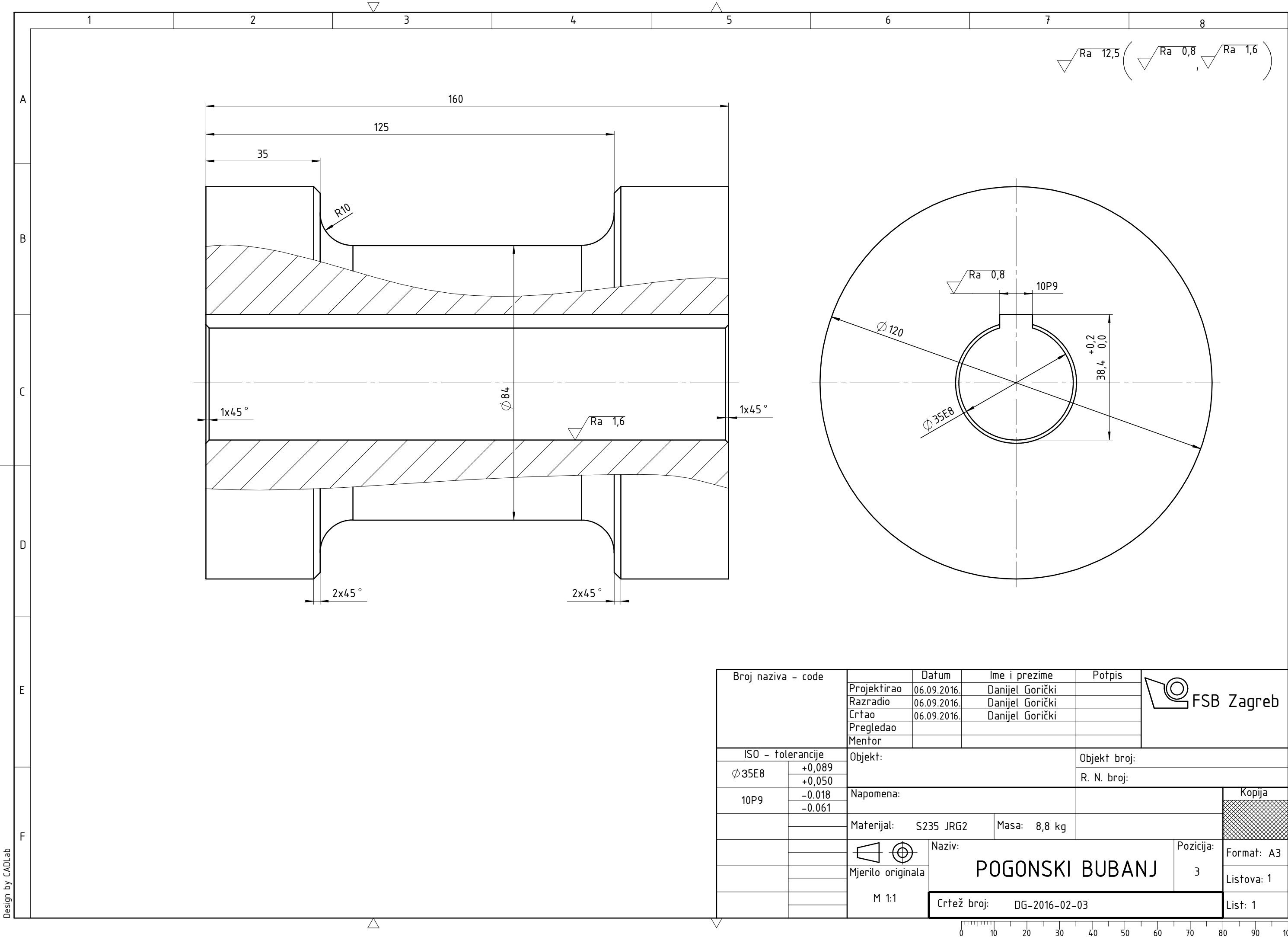
11	Uskočnik	1	DIN 471	INOX A4	Vijci kranjec	0,003kg
10	Ležaj	1	PB2-20M-A		SKF	0,12kg
9	Uskočnik	1	DIN 471	INOX A4	Vijci kranjec	0,003kg
8	Distantni prsten	1	DG-2016-01-08	S235 JRG2	$\phi 37 / \phi 35 \times 10$	0,084kg
7	Zupčanik 2	1	DG-2016-01-02	Ck45	$\phi 231 \times 45$	0,83kg
6	Pero 2	1	DIN 6885	Ck45	35x10x8	0,04kg
5	Vratilo 2	1	DG-2016-02-05	St60-2	$\phi 40 \times 616$	4,89kg
4	Pero 1	1	DIN 6885	Ck45	100x10x8	0,08kg
3	Pogonski bubanj	1	DG-2016-02-03	S235 JRG2	$\phi 120 / \phi 35 \times 160$	8,8kg
2	Distancer trake	1	DG-2016-02-02	S235 JRG2	$\phi 39 / \phi 35 \times 152$	0,28kg
1	Ležaj	2	PB2-20M-A		FAG	0,16kg

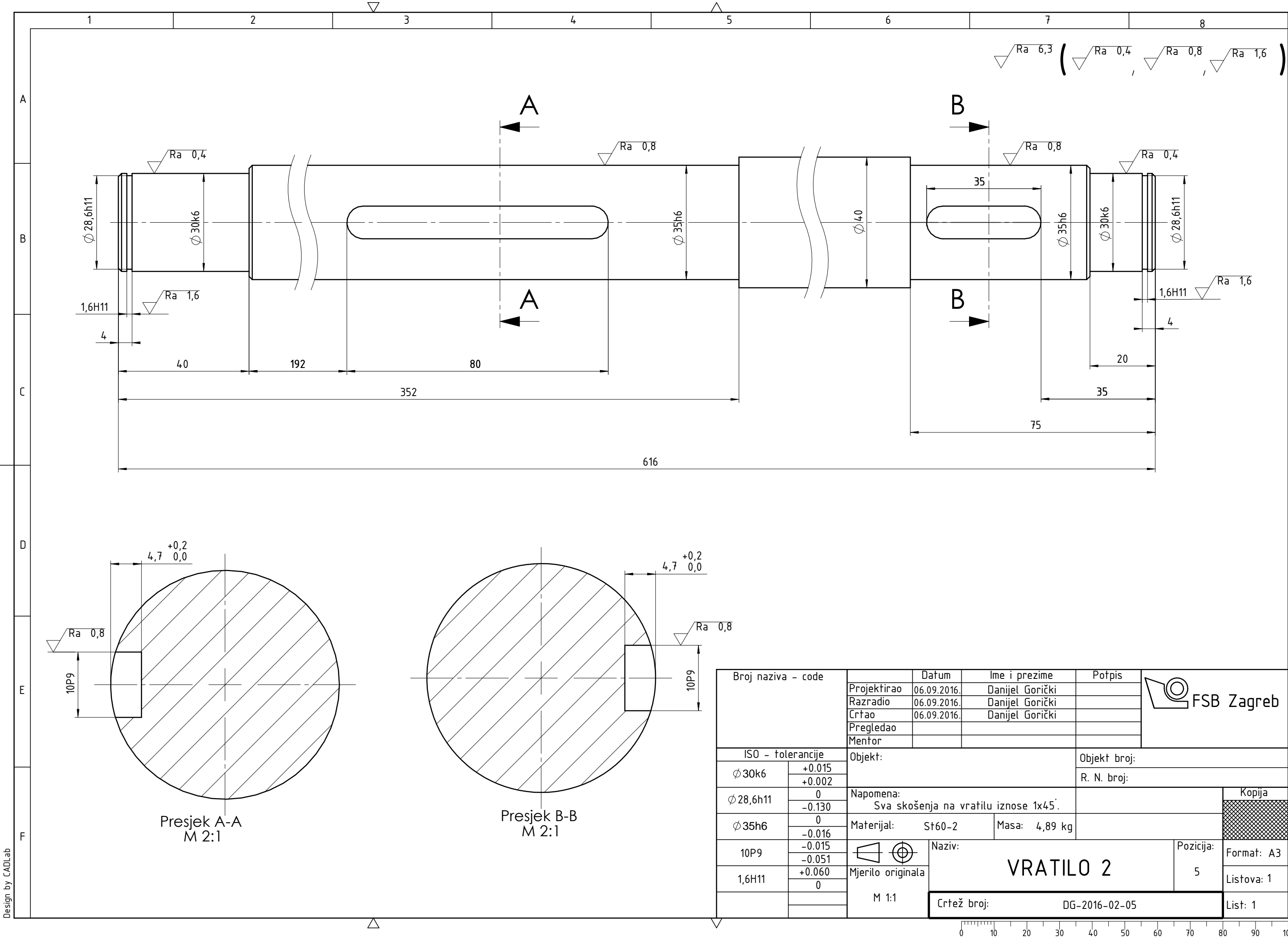
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb	
	Projektirao	14.9.2016.	Danijel Gorički				
	Razradio	14.9.2016.	Danijel Gorički				
	Crtao	14.9.2016.	Danijel Gorički				
	Pregledao						

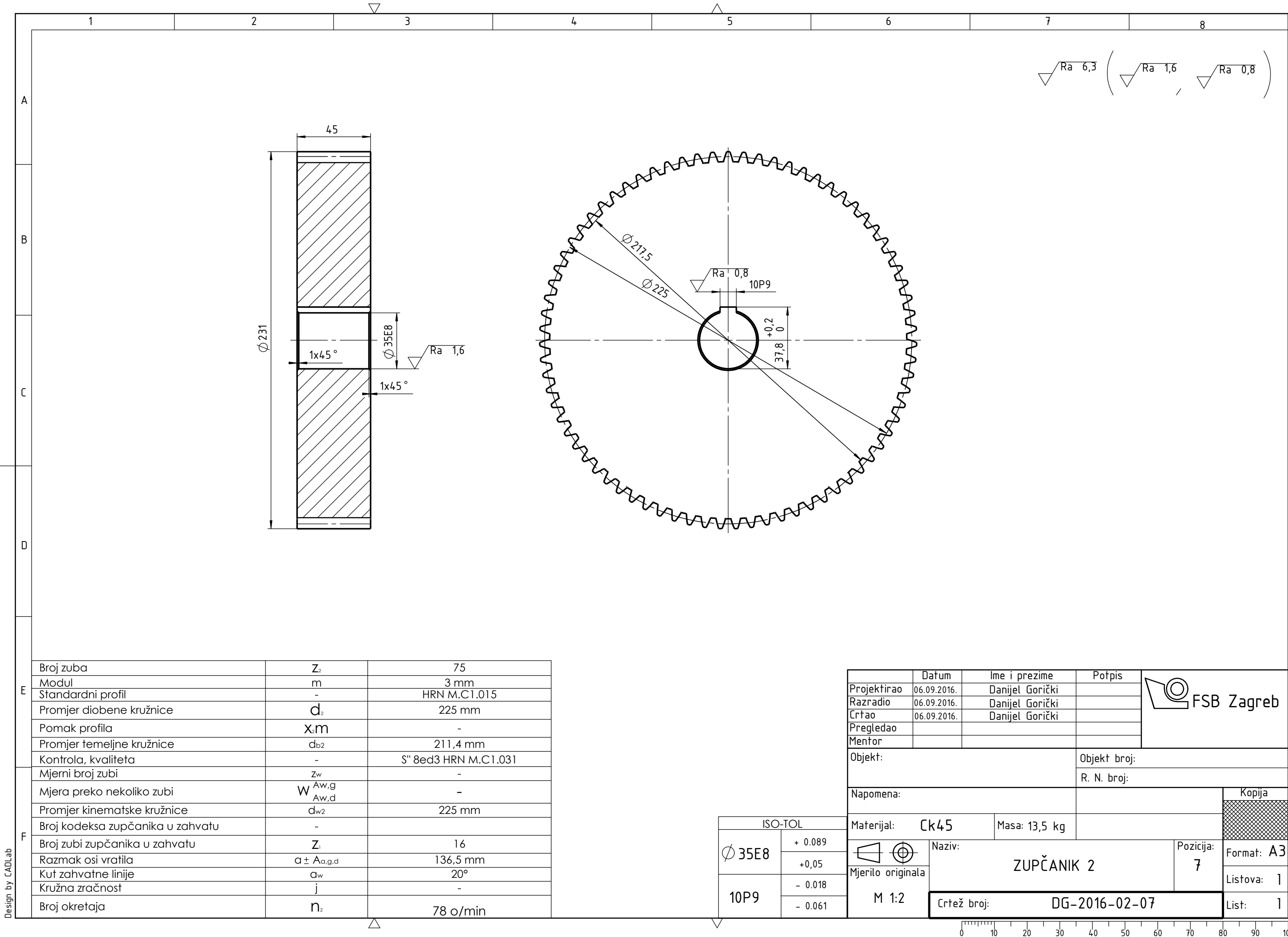
ISO - tolerancije		Objekt:		Broj objekta:	
Ø 35H7/h6	+0,041 0			R. N.:	
Ø 35E8/h6	+0,105 +0,050	Napomena:		Kopija	
10P9/h6	-0,006 -0,051	Materijal:	Masa: 27,78 kg		
			Naziv:	Pozicija:	Format: A3
			Sklop vratila 2		26
		Mjerilo originala			
		M1:5	Crtež broj: DG-2016-02		List: 1

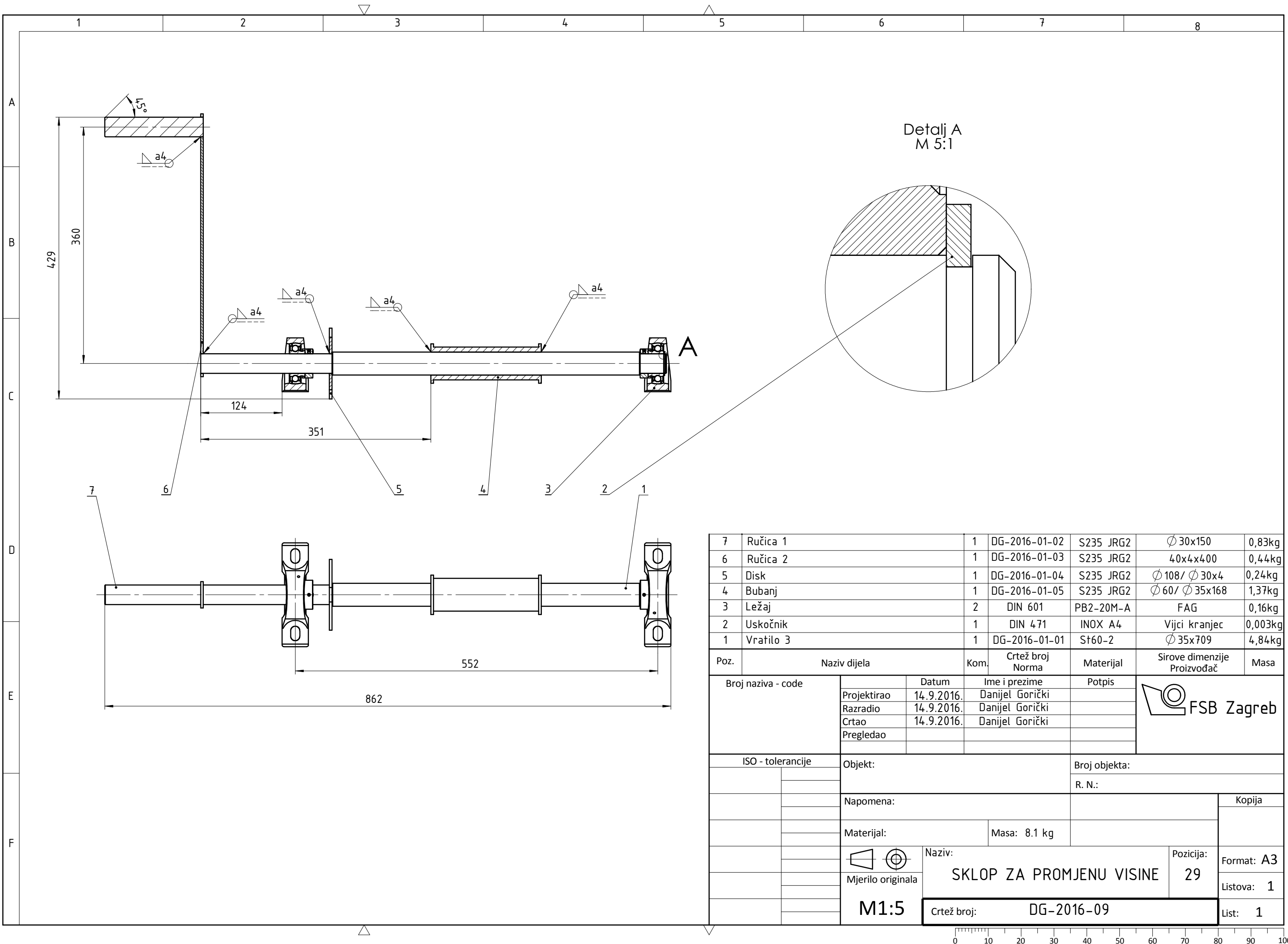


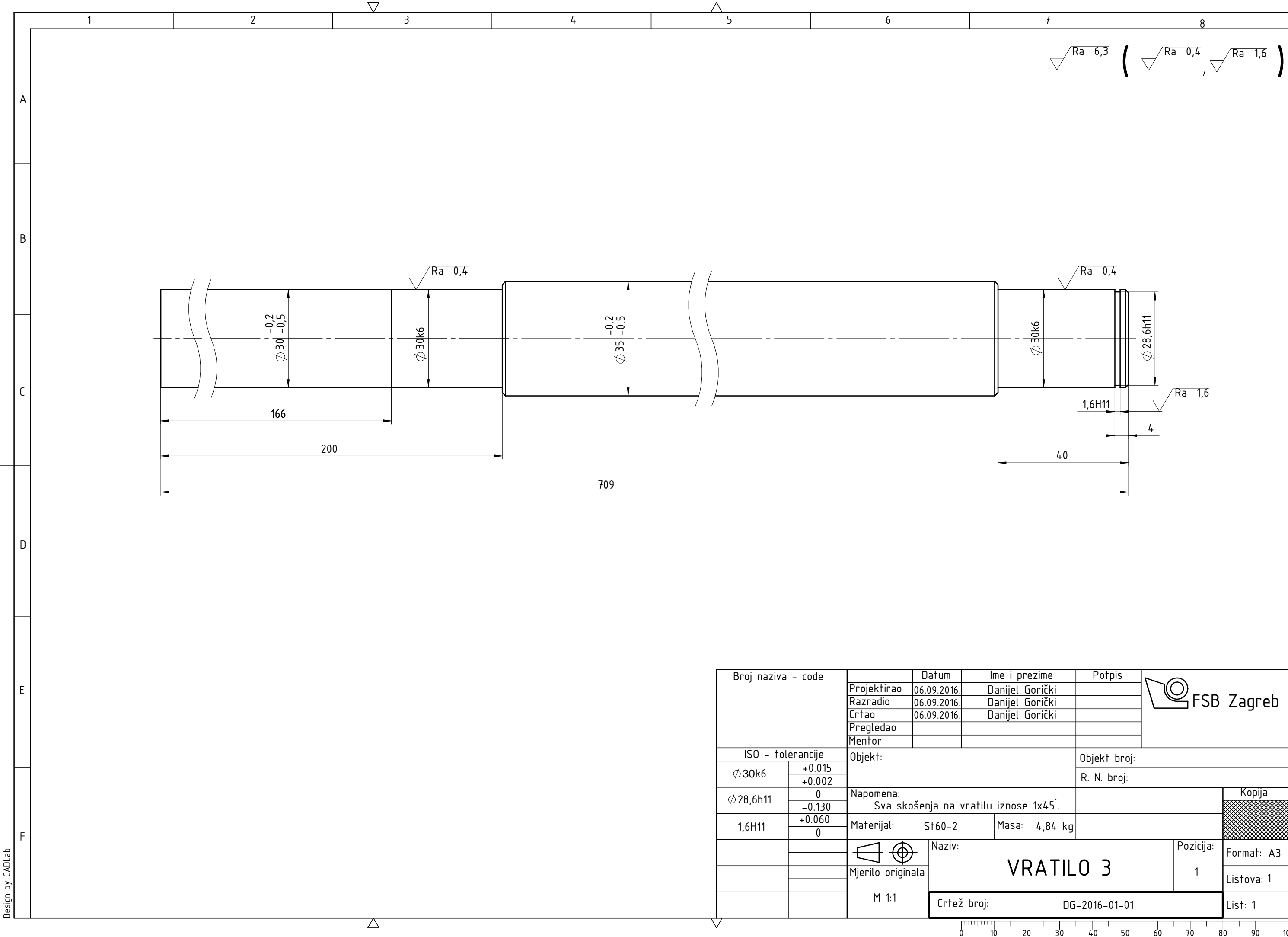
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb						
Projektirao	06.09.2016.	Danijel Gorički								
Razradio	06.09.2016.	Danijel Gorički								
Crtao	06.09.2016.	Danijel Gorički								
Pregledao										
Objekt:		Objekt broj:								
		R. N. broj:								
Napomena:				Kopija						
Materijal: S235 JRG2		Masa: 0.28 kg								
		Naziv:								
Mjerilo originala		DISTANCER TRAKE		Pozicija:						
M 1:1		Crtež broj: DG-2016-02-02		2						
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">ISO - tolerancije</th> </tr> <tr> <td>Ø 35H7</td> <td>+0,025</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> </tr> </table>		ISO - tolerancije		Ø 35H7	+0,025		0	Format: A4		Listova: 1
ISO - tolerancije										
Ø 35H7	+0,025									
	0									
		List: 1								


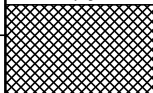
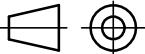


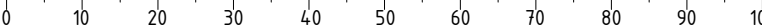




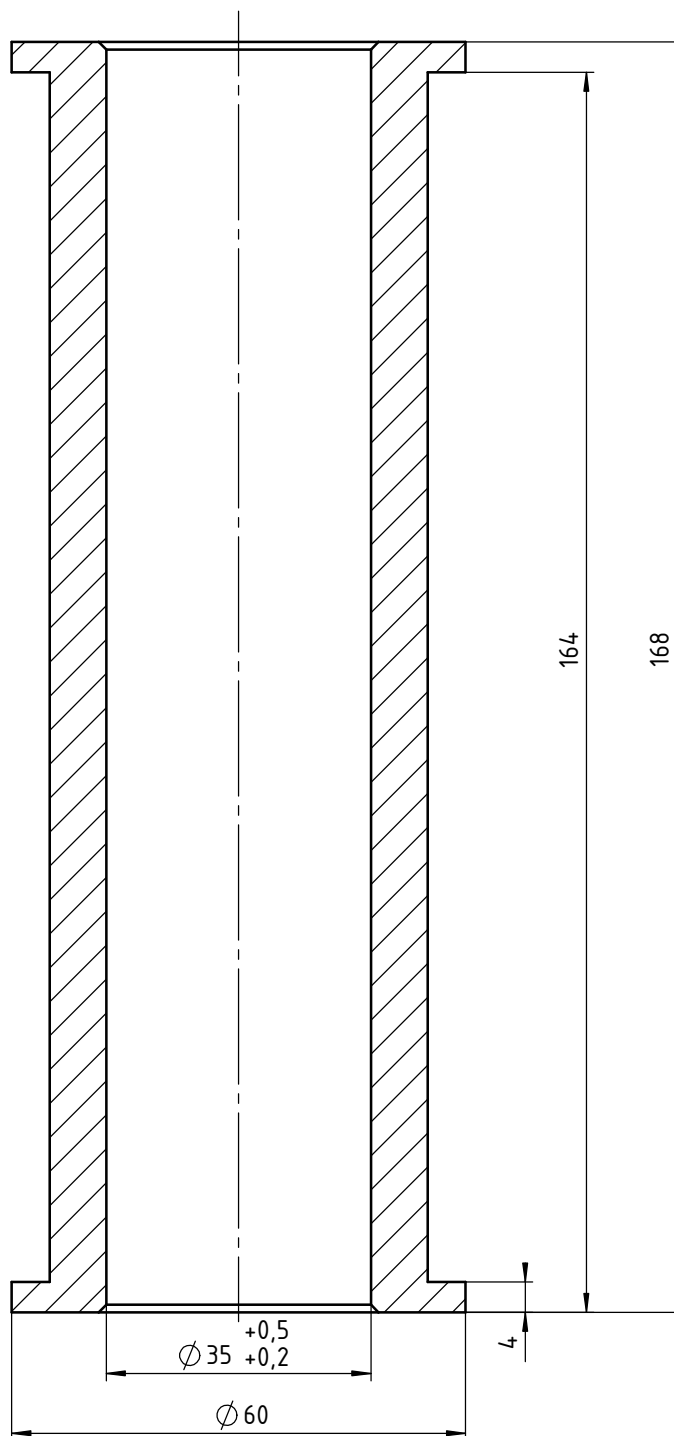



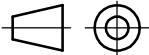


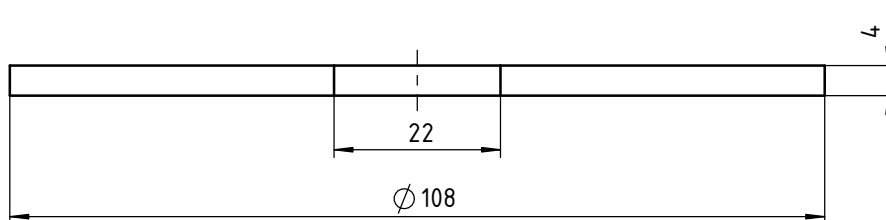
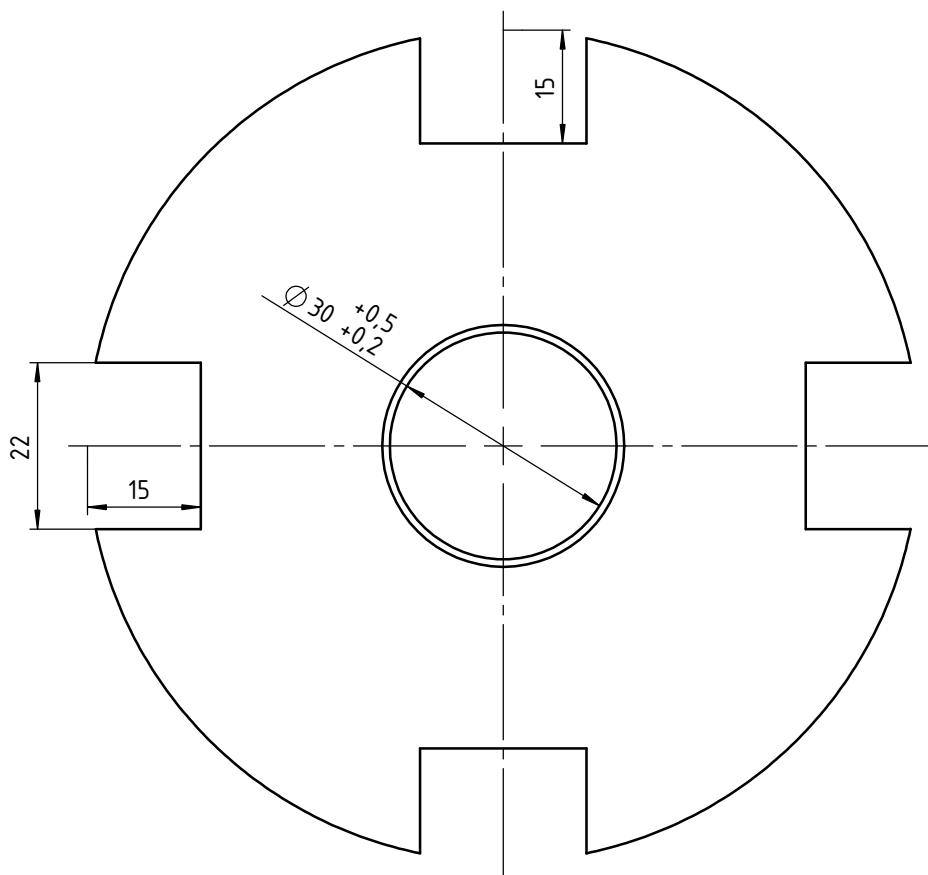
Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb					
		Projektirao	06.09.2016.	Danijel Gorički							
		Razradio	06.09.2016.	Danijel Gorički							
		Crtao	06.09.2016.	Danijel Gorički							
		Pregledao									
		Mentor									
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:						
Ø 30k6	+0.015				R. N. broj:						
	+0.002										
Ø 28,6h11	0	Napomena: Sva skošenja na vratilu iznose 1x45°.					Kopija				
	-0.130										
1,6H11	+0.060	Materijal: St60-2			Masa: 4,84 kg						
	0										
			Naziv: VRATILO 3			Pozicija: 1		Format: A3			
	Mjerilo originala							Listova: 1			
	M 1:1							Crtež broj: DG-2016-01-01			List: 1


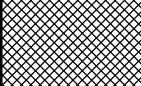



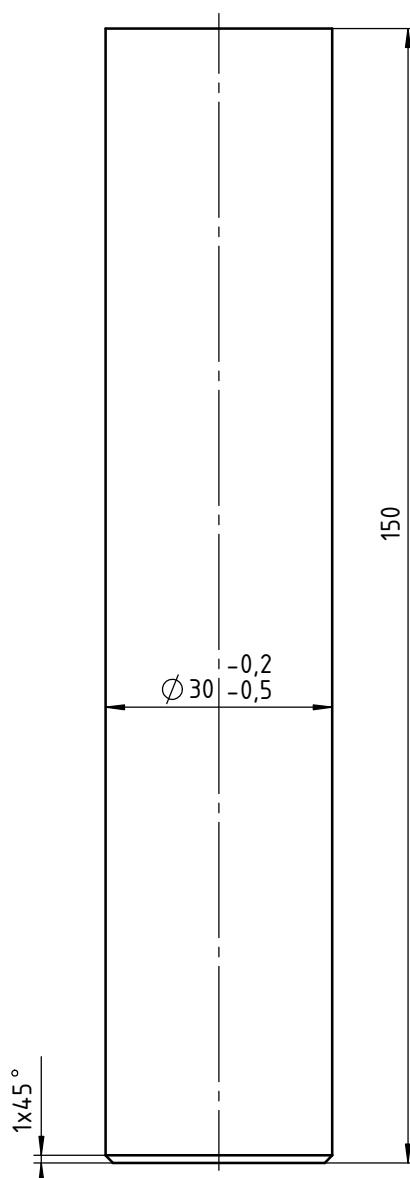
∇ Ra 12,5


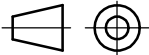


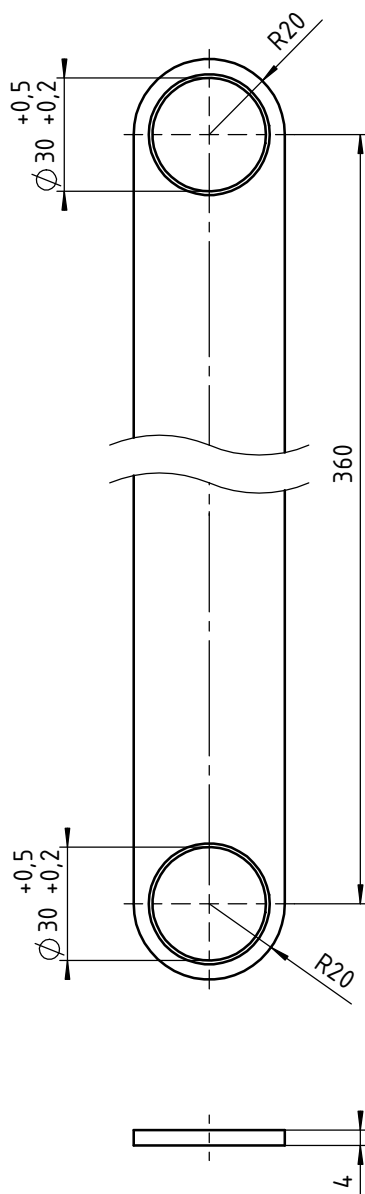
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	06.09.2016.	Danijel Gorički		
Razradio	06.09.2016.	Danijel Gorički		
Crtao	06.09.2016.	Danijel Gorički		
Pregledao				
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Provrt skošen 1x45° s obe strane.				
Materijal: S235 JRG2		Masa: 1.37 kg		
	Naziv:		Pozicija:	Format: A4
Mjerilo originala	BUBANJ		4	Listova: 1
M 1:1	Crtež broj: DG-2016-01-05			List: 1


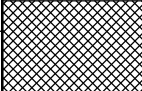
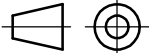


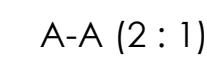
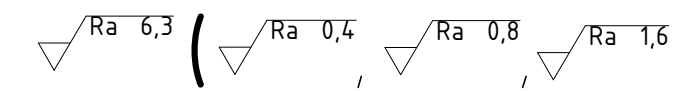
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	06.09.2016.	Danijel Gorički		
Razradio	06.09.2016.	Danijel Gorički		
Crtao	06.09.2016.	Danijel Gorički		
Pregledao				
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Provrt skošen 1x45° s obe strane.				
Materijal: S235 JRG2		Masa: 0.24 kg		
	Naziv:		Pozicija:	Format: A4
Mjerilo originala	DISK		5	Listova: 1
M 1:1	Crtež broj: DG-2016-01-04			List: 1



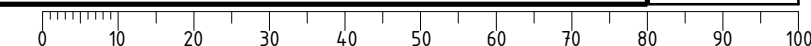
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	06.09.2016.	Danijel Gorički		
Razradio	06.09.2016.	Danijel Gorički		
Crtao	06.09.2016.	Danijel Gorički		
Pregledao				
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal: S235 JRG2		Masa: 0.83 kg		
	Naziv:		Pozicija:	Format: A4
Mjerilo originala	RUČICA 1		7	Listova: 1
M 1:1	Crtež broj: DG-2016-01-02			List: 1

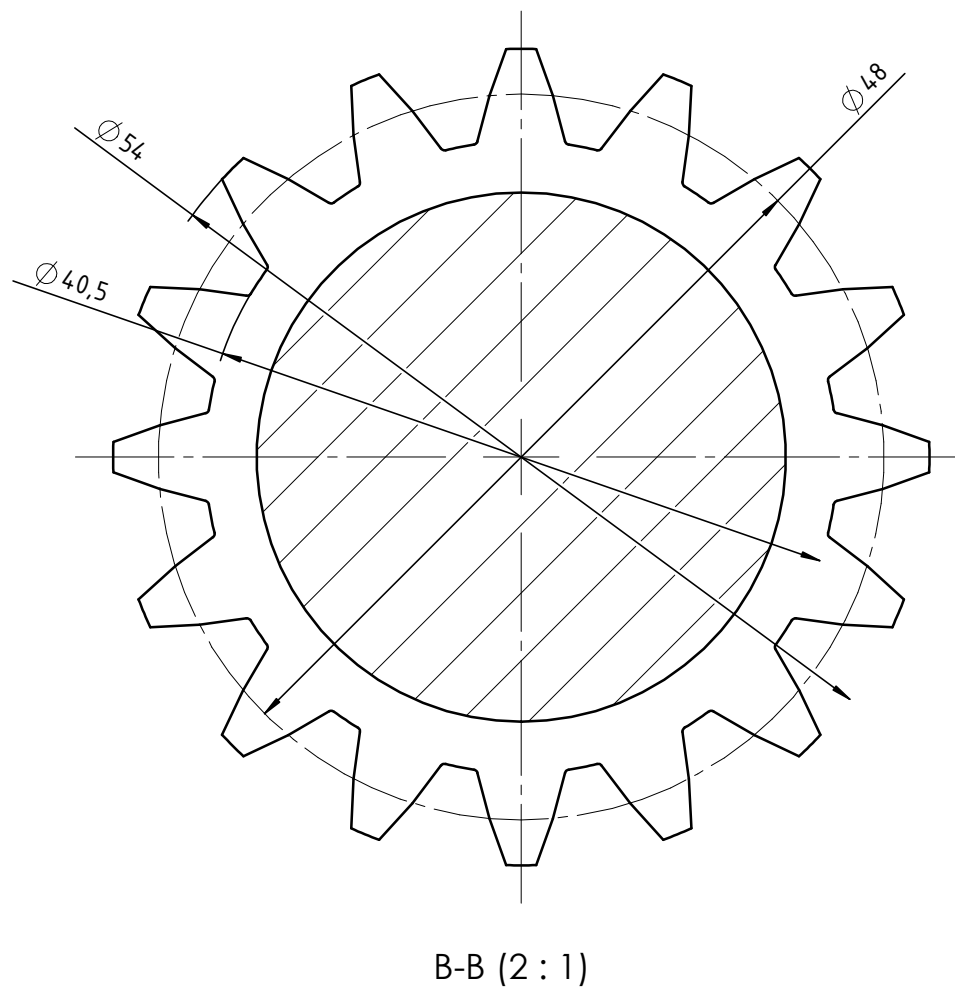


	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
Projektirao	06.09.2016.	Danijel Gorički			
Razradio	06.09.2016.	Danijel Gorički			
Crtao	06.09.2016.	Danijel Gorički			
Pregledao					
Objekt:			Objekt broj:		
			R. N. broj:		
Napomena:					Kopija
Provrti su skošeni 1x45' sa obe strane.					
Materijal: S235 JRG2		Masa: 0.44 kg			
	Naziv:		Pozicija:	Format: A4	
Mjerilo originala	RUČICA 2		6	Listova: 1	
M 1:2	Crtež broj:			List: 1	
	DG-2016-01-03				



Kopija	





Broj zubi	z_1	16
Modul	m	3 mm
Standardni profil	-	HRN M.C1.015
Promjer diobene kružnice	d_1	48 mm
Pomak profila	x_1m	-
Promjer temeljne kružnice	d_{b1}	45,1 mm
Kontrola; kvaliteta	-	S ⁸ fe3 HRN M.C1.031
Mjerni broj zubi	z	-
Mjera preko nekoliko zubi	$W_{\text{Avg}}^{\text{Awd}}$	-
Promjer kinematske kružnice	d_{w1}	48 mm
Broj kodeksa zupčanika u zahvatu	-	Napomena: radi ispravnog sparivanja obrade i kontrole
Broj zubi zupčanika u zahvatu	z_2	75
Razmak osi vratila	$a \pm A_{a,g,d}$	136,5 mm
Kut zahvatne linije	α_w	20°
Kružna zračnost	j	-
Broj okretaja	n_1	365,4 min ⁻¹

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	06.09.2016.	Danijel Gorički		
	Razradio	06.09.2016.	Danijel Gorički		
	Crtao	06.09.2016.	Danijel Gorički		
	Pregledao				
	Mentor				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija	
					
	Materijal:	St60-2	Masa:	1,22 kg	
		Naziv:			Pozicija:
	Mjerilo originala	VRATILO 1			1
	M 1:1				Crtež broj:

